



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

MAPEAMENTO DA RESERVA DA BIOSFERA DO CERRADO POR MEIO DO ÍNDICE VANUI

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

RYAN SEIJI TAKAHASHI

Brasília, DF, Brasil
2017

RYAN SEIJI TAKAHASHI

**MAPEAMENTO DA RESERVA DA BIOSFERA DO CERRADO, POR
MEIO DO ÍNDICE VANUI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília, de acordo com a resolução do Colegiado de nº002/2015, Art. 5, Parágrafo IV, como requisito parcial para obtenção de grau de **Bacharel em Ciências Ambientais**, sob orientação do professor Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista.

Brasília, DF, Brasil

FEVEREIRO/2017

TAKAHASHI, Ryan Seiji.

Mapeamento da Reserva da Biosfera do Cerrado, por meio do Índice VANUI.

Orientação: Gustavo Macedo de Mello Baptista.

66 páginas.

Projeto Final em Ciências Ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS – Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 2017.

1. VANUI – 2. NTL – 3. NDVI – 4. Cerrado – 5. Reserva da Biosfera – 6. Crescimento Urbano.

MAPEAMENTO DA RESERVA DA BIOSFERA DO CERRADO, POR MEIO DO ÍNDICE VANUI

Ryan Seiji Takahashi

Prof. Orientador: Gustavo Macedo de Mello Baptista

Brasília – DF, 03 de fevereiro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista (Orientador)
Instituto de Geociências da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição (Avaliador 1)
Instituto de Economia da Universidade de Brasília

**Dedico esse trabalho meus queridos
pais, Kazuo e Linda, a meus avós, a
meu irmão Matheus, e a meus
familiares, pelo amor, apoio,
incentivo, força e principalmente as
orações.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao glorioso São Jorge, que em nome de Deus, ajudou-me a superar todo o desânimo e possibilitou alcançar os meus principais objetivos.

Ao meu orientador, Gustavo de Macedo Mello Baptista, por todo apoio e ensinamento durante o percurso da minha graduação. Aos meus queridos amigos Marceli e Khalil que me ajudaram muito ao longo do curso, principalmente na época do Projeto de Pesquisa (PROIC).

Aos meus colegas de trabalho do ICMBio, que me receberam, ensinaram e me orientaram durante dois anos como estagiário, na Coordenação Geral de Autorização e Informação Científica em Biodiversidade – COINF/CGPEQ – DIBIO.

Aos professores e funcionários do Curso de Ciências Ambientais, pelos ensinamentos e colaboração.

Ao Governo Federal do Brasil, que, por meio do Programa Ciências Sem Fronteiras, proporcionou-me com uma bolsa de intercâmbio na Universidade de Bologna – Itália, no período letivo 2013 – 2014. Foi possível adquirir vários conhecimentos, academicamente e culturalmente.

Agradeço ao apoio financeiro da **FAP-DF** (Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal) que possibilitou a apresentação do trabalho na Universidade do Minho em Guimarães, Portugal.

Enfim, a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para obtenção deste Título.

Muito obrigado!

RESUMO

O Cerrado é um bioma de extrema riqueza natural, o qual ao longo dos anos, tem sido ameaçado e tendo sua área reduzida. A UNESCO, no ano de 1993, deu início à criação da Reserva da Biosfera do Cerrado. As Reservas da Biosfera são áreas relevantes para o desenvolvimento sustentável e conservação da biodiversidade, sendo criadas como uma amostra representativa dos ecossistemas característicos de cada região. A área delimitada possui 296.500 km², presente em cinco estados brasileiros. No domínio do sensoriamento remoto foi utilizado o produto MOD13A3 do sensor MODIS, o qual contém o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Melhorado (EVI), possui dados globais, que são distribuídos mensalmente, das condições da vegetação global, contribuindo eficazmente com o monitoramento da atividade fotossintética. Outro produto utilizado foi obtido pelo Programa de Satélite de Defesa Meteorológico (*Defense Meteorological Satellite Program* – DMSP), um programa Norte-Americano, no qual, está presente o sensor *Operational Linescan System* (OLS), que adquire imagens globais noturnas e diurnas nas faixas do visível e infravermelho termal. Um dos dados coletados pelo DMPS/OLS é o NTL (*Night Time Light*), que mede a luz noturna na superfície terrestre e serve para o monitoramento da urbanização em escala global. O índice VANUI (*Vegetation Adjusted NTL Urban Index*) baseia-se na correlação inversa entre vegetação e superfícies urbanas e envolve a integração dos dados NTL com os dados NDVI. A partir da aplicação do índice VANUI na Reserva da Biosfera do Cerrado foi possível mapear a dinâmica de ocupação antrópica nas áreas vegetadas em detrimento do avanço das áreas urbanas ao longo de um intervalo de 14 anos (2000 - 2013), período que compreende a criação da reserva e a disponibilidade do dado de luz noturna mais recente, permitindo observar uma expansão urbana de 932,63 km² dentro da reserva, um aumento de 179,32%.

Palavras-chave: VANUI, NTL, NDVI, Cerrado, Reserva da Biosfera do Cerrado, Crescimento Urbano.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - ARTIGO SUBMETIDO AO “IX SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA”, DECLARAÇÃO DE ACEITE E CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO	9
CAPÍTULO 2 – “DETALHAMENTO DA ELABORAÇÃO DO ARTIGO”	28

CAPÍTULO 1 - Artigo submetido ao “IX SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA”, DECLARAÇÃO DE ACEITE E CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO



A GEOGRAFIA FÍSICA E A GESTÃO DE TERRITÓRIOS RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS

Atas do IX Seminário Latino-americano e
V Seminário Ibero-americano de Geografia Física

COORDENADORES

António Vieira
António Bento Gonçalves
Francisco Costa
Lúcio Cunha
Adriano Lima Troleis

GUIMARÃES, 2016



A GEOGRAFIA FÍSICA E A GESTÃO DE TERRITÓRIOS RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS

Atas do IX Seminário Latino-americano e
V Seminário Ibero-americano de Geografia Física

Guimarães, 2016

IX SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA

TÍTULO: A GEOGRAFIA FÍSICA E A GESTÃO DE TERRITÓRIOS RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS

COORDENADORES: António Vieira, António Bento Gonçalves, Francisco Costa, Lúcio Cunha, Adriano Lima Troleis

EDITOR: Universidade do Minho. UMDGEO - Departamento de Geografia

ISBN: 978-989-98857-1-4

ANO DE EDIÇÃO: 2016

INSTITUIÇÕES ORGANIZADORAS:



Universidade do Minho

Comitê Latino-Americano
de Geografia Física

COMISSÃO ORGANIZADORA:

António Vieira (UMinho)
 António Bento-Gonçalves (UMinho)
 Francisco Costa (UMinho)
 Lúcio Cunha (UC)
 Adriano Lima Troleis (UFRGN)

COMISSÃO CIENTÍFICA

Lúcio Cunha – UC/Portugal (Presidente)
 Adriano Severo Figueiró – UFSM/Brasil
 Adriano Lima Troleis - UFRN/Brasil
 Álvaro Gonzales Gervásio - UM/Uruguai
 Anne Catherine Chardon – UNAL/Colombia
 António Bento-Gonçalves - UMINHO/Portugal
 António Campar de Almeida - UC/Portugal
 António Vieira – UMINHO/Portugal
 Carmen Ferreira - UP/Portugal
 Edson Vicente da Silva – UFC/Brasil
 Eliane Foletto – UFSM/Brasil
 Elizabeth Mazzoni – UNPA/Argentina
 Enrique La Marca - UA/Venezuela
 Francisco Costa - UMINHO/Portugal
 Francisco Mendonça – UFPR/Brasil
 Gilles Arnaud-Fassetta – UP7/França
 Gustavo Mello Baptista - UnB/Brasil
 Hugo Romero Aravena – UC/Chile
 João Cabral - UFG/Brasil
 José Luis Zézere – IGOT/Portugal
 Jose Manuel Mateo Rodriguez – UH/Cuba
 Katy Montiel – UZ/Venezuela
 Luis Alberto Basso - UFRGS/Brasil
 Luis Galiana – UAM/Espanha
 Márcia Pimentel – UFPA/Brasil
 Maria José Roxo - UNL/Portugal
 Maria Lígia Cassol Pinto - UEPG/Brasil
 Maria Manuela Laranjeira - UMINHO/Portugal
 Messias Modesto Passos – UEM/Brasil
 Montserrat Salvà-Catarineu - UB/Espanha
 Selma Simões de Castro – UFG/Brasil
 Sílvia Carlos Rodrigues - UFU/Brasil
 Teresa Pinto Correia - UE/Portugal
 Tereza Reyna Trujillo – UNAM/México
 Valdir Adilson Steinke - UnB/Brasil
 Virginia Teles - UMINHO/Portugal
 Xavier Úbeda - UBarcelona/Espanha

SECRETARIADO

GeoPlanUM

IX SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA

APOIOS:



CÂMARA
MUNICIPAL DE
GUIMARÃES



TRANSPORTES
URBANOS DE BRAGA



TAP PORTUGAL

de braços abertos
with arms wide open

A STAR ALLIANCE MEMBER 




HOTEL
DE GUIMARÃES
BUSINESS & SPA
★★★★



Universidade do Minho
Departamento de Geografia

MAPEAMENTO DA RESERVA DA BIOSFERA DO CERRADO, POR MEIO DO ÍNDICE VANUI.

R. S. Takahashi ^(a), M. T. Oliveira ^(b), G. M. M. Baptista ^(c)

^(a,b,c) Instituto de Geociências/IG, Universidade de Brasília – UnB
ryans.takahashi@gmail.com
marceliterra@gmail.com
gmbaptista@unb.br

Resumo

O cerrado é um bioma muito importante que ao longo dos anos está diminuindo. A UNESCO em 2000, com a necessidade da conservação, preservação e o uso sustentável dos recursos, criou a Reserva da Biosfera do Cerrado. A área delimitada possui 295.000,0 quilômetros quadrados, fazendo parte de cinco estados brasileiros, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Piauí e Tocantins. Com os dados de luz noturna e o NDVI, foi utilizado o índice VANUI para indicar as áreas urbanas, analisando o avanço das áreas ocupadas em relação à vegetação. Permitindo observar em 13 anos um crescimento aproximadamente de 1.345,8 quilômetros quadrados dentro da reserva.

Palavras chave: VANUI, NTL, NDVI, Cerrado, Reserva do Cerrado.

1. Introdução

A vegetação ao longo dos anos tem sofrido uma redução por diversos fatores tais como a expansão agropecuária, crescimento urbano e o desmatamento ilegal. Esse processo é definido como a supressão, cujo ato é a retirada da porção de vegetação de um determinado espaço, com o objetivo de usar a área anteriormente ocupada pela vegetação nativa para outros fins (UNESCO, 2002).

A UNESCO, em uma conferência sobre a Biosfera em Paris, criou o programa MaB (*Man and the Biosphere*), o qual visa entender os mecanismos da convivência do ser humano com o meio ambiente e suas interações. A partir desse programa foi criado o conceito de Reserva da Biosfera, as quais são consideradas áreas de ecossistemas terrestres e/ou marinhos importantes para conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável (UNESCO, 2003).

Pela lei 9.985 de julho de 2000, a Unidade de Conservação – UC são espaços territoriais com características naturais relevantes e limites definidos pelo Poder Público. Essas áreas estão sob um regime especial de administração e fiscalização do ICMBio, que prezam a proteção da natureza em diferentes níveis, desde a preservação ao uso sustentável e a restauração e recuperação de ecossistemas degradados. (Ganem, 2010).

No Brasil, as Reservas da Biosfera foram instituídas pelo capítulo VI da lei 9985 de 18/07/2000, do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC e ao total foram criadas sete reservas.

A Reserva da Biosfera no Brasil é constituída por zonas núcleo, destinadas à proteção integral da natureza (Unidades de Conservação); zonas tampão, onde são possíveis atividades que não resultem danos à área de núcleo; zonas de transição, que são áreas sem limites rígidos, cujo processo de ocupação e o manejo dos recursos naturais são planejados e de forma sustentável.

Observando as áreas tanto a de transição quanto a de tampão (amortecimento), são estabelecidas no entorno da zona de núcleo. A zona tampão tem como objetivo minimizar os impactos sobre a área de núcleo, promovendo a qualidade de vida da população da área. Na zona de transição, é uma região sem limite fixo, que serviu para conectar as áreas preservadas. Nesta zona se destina prioritariamente ao monitoramento e à educação ambiental, pois nessas áreas predominam usos e ocupação mais intensivos (urbanização, agricultura e indústrias).

O objetivo deste estudo é realizar uma avaliação multitemporal da Reserva da Biosfera do Cerrado nos anos de 2000 e 2013. O índice VANUI vai ser utilizado para analisar se essa área está sendo afetada pela supressão da vegetação, influenciada por algum fator antrópico, como o crescimento urbano, agropecuária, etc.

2. Área de Estudo

A área de estudo é a Reserva da Biosfera do Cerrado, com uma área total de 296.500 Km² definido em três fases. A primeira fase da reserva se circunscrevia ao território do Distrito Federal em 1994. Em outubro de 2000 definiu a segunda fase, a área atingiu o estado do Goiás. A terceira fase foi instituída em setembro de 2001, estendendo ao tamanho final da reserva incluindo os estados do Maranhão, do Piauí e do Tocantins.

Ela está presente em diversas regiões, como o Distrito Federal e nos estados de Goiás, Maranhão, Piauí e Tocantins (contendo sua capital, Palmas, totalmente dentro da área da Reserva). O bioma predominantemente é o Cerrado, mas com a exploração agrícola e a pecuária extensiva está causando um forte impacto ambiental, isso apresenta uma grande perda da diversidade biológica. A implantação da Reserva da Biosfera tende a conservação dos remanescentes intocados do Cerrado, a recuperação de áreas alteradas e de corredores ecológicos degradados.

O clima é tropical úmido e seco ou de savana Aw de acordo com a classificação de Köppen. A precipitação durante a estação das chuvas é normalmente inferior a 1.000 milímetros e apenas durante o verão. Possui também um período de inverno seco e prolongado.



Figura 1 – Reserva da Biosfera do Brasil (MAB - UNESCO).

3. DMSP/OLS – NTL, Sensor MODIS e o produto MOD13A3

Foram utilizados dados DMSP (*Defense Meteorological Satellite Program*), que é um programa de Satélites do Departamento de Defesa do governo dos Estados Unidos da América. Os satélites estão em uma órbita quase polar com uma altitude média de 830 km (Elvidge *et al.*, 2000). Sua forma de operação é de cobertura global a cada seis horas. Cada satélite passa em um ponto até duas vezes por dia e possui o período orbital de 101 minutos.

OLS (*Operational Linescan System*) que é o sistema operacional, cujo produto é o NTL (*NightTime Light*), são imagens globais noturnas e diurnas em duas faixas do espectro eletromagnético – visível e o infravermelho termal. Os dados NTL tem como característica a saturação dos focos de luz, principalmente na banda do termal, ampliando a área realmente ocupada pela mancha urbana.

O NTL, os quais foram obtidos anualmente (2000-2013) no site do *Nacional Geophysical Data Center* do NOAA (*National Oceanic Atmospheric Administration*). O produto de DMSP/OLS obtido é conhecido como *Average Lights x Pct* é livre de nuvens, com a resolução espacial de 1

km, assim como o produto do MODIS, sua projeção é WGS-84, abrangendo uma variação longitudinal de -180° a 180° e latitudinal de -65° a 75°. Este produto também detecta incêndios e uma quantidade variável de ruído de fundo.

Foram obtidos dados do sensor MODIS que está presente no satélite TERRA (EOS-AM), com bandas de resoluções espacial e espectral para uma cobertura global de um dia ou até dois (Justice et al. 2002). Os produtos MODIS de índice de vegetação geram dados para monitorar a atividade fotossintética da vegetação, podendo detectar mudanças biológicas quanto fisiológicas das plantas (Latorre et al., 2003).

O produto escolhido foi o MOD13A3, o qual contém dois tipos de índices, o NDVI que é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada e o Índice de vegetação melhorada (EVI). O índice escolhido foi o primeiro, que é sensível a clorofila e possui 1 km de resolução espacial. Estes dados são fornecidos mensalmente, estão em grade três na projeção sinusoidal, já corrigidos, espacialmente reamostrados, com o produto previamente calculado (Huete et al., 1997). Adquiriu-se 336 cenas mensais dos dados MOD13A3, por meio do site *EarthExplorer* do USGS.

O índice NDVI tem como característica principal fazer as análises da cobertura vegetal. Foi desenvolvido em 1973 por Rouse e colaboradores, com a necessidade de fazer a análise espaciais para agricultura. Com essa nova ferramenta para a análise da agricultura, foi possível fornecer informações sobre o crescimento da vegetação nas pastagens, resultando na melhoria das atividades agrícolas. Para o cálculo do NDVI, utilizaram a seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{(R_{NIR} - R_{RED})}{(R_{NIR} + R_{RED})} \quad (1)$$

Onde:

R_{NIR} = Banda do Infravermelho próximo (*Near Infrared*)

R_{RED} = Banda do Vermelho

Por fim, foi obtido o arquivo *shapefile* do contorno da Reserva da Biosfera do Cerrado para melhor delimitação nas cenas do NDVI e do NTL. Foi feito o recorte do *shape* no ArcMap – 10.1.

4. VANUI

Com o crescimento urbano e a expansão das cidades metropolitanas, resultaram em grandes mudanças na cobertura terrestre, onde a vegetação é a mais afetada. Esse crescimento também é necessário áreas tanto para moradia quanto para a produção de alimentos. Nos grandes centros urbanos, não há quase vegetação e com a grande quantidade de materiais que absorvem calor causa um aumento da temperatura local. A partir dessas informações será possível averiguar se é

positiva a relação do crescimento urbano com o tamanho da área que sofreu a supressão vegetal na Reserva da Biosfera do Cerrado nos anos de 2000 a 2013, utilizando o índice VANUI.

O índice VANUI (*Vegetation Adjusted NTL Urban Index*) foi proposto em 2013 por Zhang e colaboradores. A base deste índice é a integração dos dados NTL com os do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Os dados NDVI variam de -1 a 1, sendo que os valores negativos correspondem a áreas não fotossinteticamente ativas, enquanto que os valores positivos equivalem com a vegetação, que realiza fotossíntese. As áreas urbanas em imagens de baixa resolução não destacam a vegetação intraurbana e minimizam a saturação dos dados NTL (Baptista, 2015).

A fórmula que defini o VANUI de acordo com Zhang e colaboradores (2013) é:

$$\text{VANUI} = (1 - \text{NDVI}) * \text{NTL} \quad (2)$$

Com os dados NDVI negativos, isso está associado a locais como água ou solo exposto, os autores restringiram os valores considerando o intervalo de 0 a 1. Na primeira parte da equação é possível verificar a inversão do comportamento do NDVI, atribuindo os valores maiores para as áreas urbanas para excluir alvos como plantas. Ao utilizar o VANUI os valores positivos se situam dentro de grandes centros urbanos, enquanto as áreas não urbanas, não iluminadas e normalmente com áreas verdes, vão ser definidos por valores próximos de zero.

5. Metodologia

Os processamentos foram feitos todos no programa ENVI 5.3 (Classic). Como a Reserva da Biosfera do Cerrado ficou exatamente no centro de duas cenas do MODIS, a h13v09 e h13v10. O primeiro procedimento foi o *Mosaicking*, realizou também a reprojeção dos dados, transformando em *Geographic Lat/Long*, e *datum* WGS-84.

Após o mosaico, foi necessário abrir o *shapefile* para fazer o *Resize Data* a partir do contorno da reserva da Biosfera do Cerrado, assim, é possível trabalhar com uma área menor e dentro dos limites da reserva em questão. Utilizou o *Band Math* para adquirir a média anual do NDVI.

Como a imagem do NTL é global, o recorte para a área de interesse é necessário, portanto foi feito o *Resize Data* a partir do *shapefile*. Os dados do NTL não estão normalizados e para tal foi realizada a diferença do NTL por 63, dessa forma seria possível a utilização no VANUI.

Após determinar o VANUI pela segunda equação para cada ano, aplicou-se uma máscara para limitar a análise dos dados nas áreas de dentro do *shapefile* da Reserva da Biosfera do Cerrado. Para avaliação dos resultados o dado foi submetido ao Fatiamento por meio da ferramenta *Density*

Slice utilizando quatro classes. Foi possível avaliar os dados realizando o cálculo da área utilizando a ferramenta *Region of Interest (ROI Tool)*.

6. Resultados e Discussão

O principal fator observado foi o crescimento urbano sobre a área estudada. Após a verificação desse fator foi possível constatar que a mancha urbana está crescendo ao longo dos anos dentro da Reserva da Biosfera do Cerrado, podendo resultar na diminuição da vegetação nativa.

Na Reserva da Biosfera do Cerrado as áreas de núcleo tendem a não sofrer supressão na vegetação por atividade antrópica, pois elas são geridas por um órgão fiscalizador do governo federal que é o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. Cabe também ao Instituto Chico Mendes monitorar o uso público e exploração econômica dos recursos naturais nas Unidades de Conservação - UCs onde for permitido, obedecendo às exigências legais e de sustentabilidade do meio ambiente.

De acordo com os resultados, se montou uma tabela com os valores da área ocupada em cada ano de 2000 até 2013. Na Tabela I, houve um acréscimo de 1.345,8 Km² de área ocupada dentro da reserva. Na Tabela II indica a porcentagem da área ocupada em relação a área total da reserva, nota-se que não passou de 1%.

Tabela I – Área total da mancha urbana na Reserva da Biosfera do Cerrado.

Ano	VANUI (Km ²)
2000	1312,18
2001	1087,74
2002	1221,39
2003	993,59
2004	1222,23
2005	1112,11
2006	1334,03
2007	1591,25
2008	1466
2009	1344,12
2010	2352,84
2011	1970,36
2012	2596,61
2013	2657,98

Tabela II – Porcentagem da área ocupada em relação à área total da Reserva.

Ano	VANUI (%)
2000	0,44%
2001	0,37%
2002	0,41%
2003	0,34%
2004	0,41%
2005	0,38%
2006	0,45%
2007	0,54%
2008	0,49%
2009	0,45%
2010	0,79%
2011	0,66%
2012	0,88%
2013	0,90%

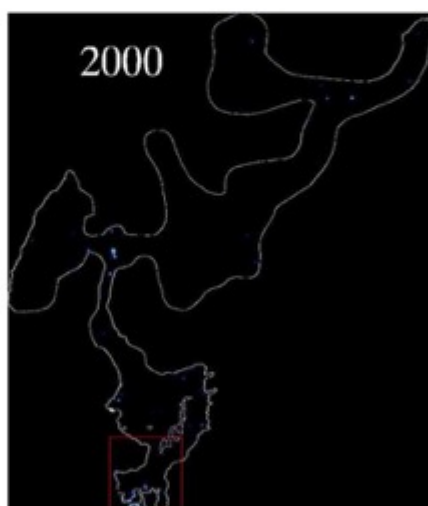


Figura 2 – Imagem do VANUI de 2000

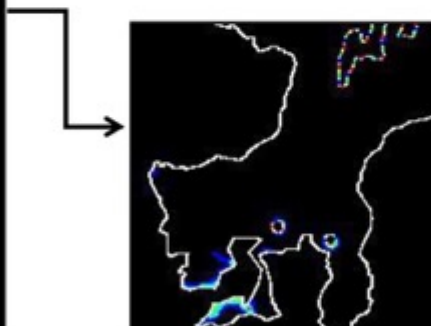


Figura 3 – Zoom do VANUI de 2000

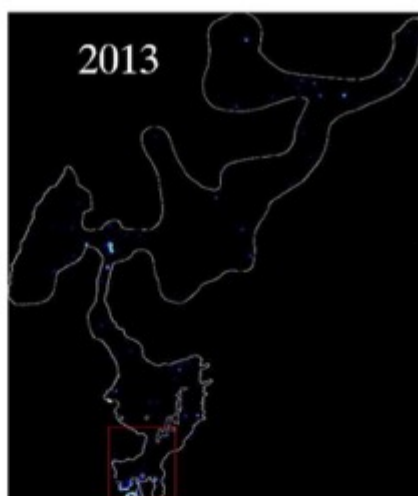


Figura 4 – Imagem VANUI de 2013

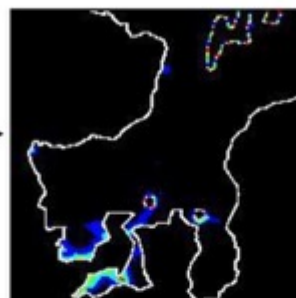


Figura 5 – Zoom do VANUI de 2013

Com os dados do índice VANUI foi possível verificar o crescimento das áreas urbanas, o qual pode ser utilizado em grandes centros ao comparar com as áreas de vegetação, possibilitando calcular a área ocupada pela mancha urbana dentro da Reserva (BAPTISTA, 2015).

Com a comparação entre a Figura 3 do ano de 2000 e a Figura 5 do ano de 2013, é permitido notar um crescimento urbano dentro da Reserva da Biosfera do Cerrado, na parte de cor ciano, existe uma concentração urbana maior.

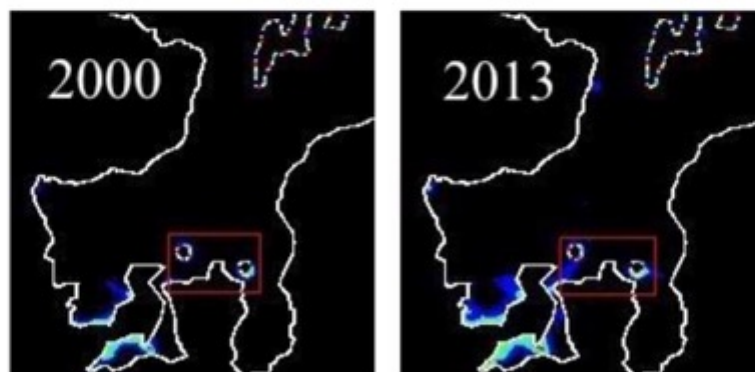


Figura 6 – Zoom do VANUI com as áreas destacadas.

Observando na Figura 6 duas circunferências que foram recortadas por estarem fora da delimitação da Reserva, mas pela localização são dois municípios do estado do Goiás, Planaltina

e Formosa, as quais resultam em um crescimento e conectividade urbana entre as cidades que ficam no limite ou até dentro da Reserva da Biosfera do Cerrado.

A partir da observação dos dados ao longo dos anos é possível informar que o índice VANUI consegue identificar e determinar as áreas urbanas. Nos estudos de Zhang et al. (2013) e Baptista (2015), esse índice foi utilizado somente para analisar as áreas urbanas tendo uma eficiência muito grande.

A média entre os valores da área onde o VANUI foi calculado, é possível ver que essa área foi crescendo do ano de 2000 até 2013. Com essa média é possível tirar alguns fatores como a temperatura e a umidade do ar, pois influencia nos valores de NDVI, podendo afetar, de alguma forma, no valor final do VANUI como mostra no gráfico da figura 7.

Um ponto a ser observado são as atividades do agronegócio, o cerrado contribui cerca de 25% do PIB total. Sendo que desses 25%, o setor das lavouras permanentes contribuiu com 34%, as lavouras temporárias 29% e com a pecuária nacional 30% (IBGE, 2008). Significa que esses dados não são possíveis diferenciar entre a área de vegetação ou a área da mancha urbana.

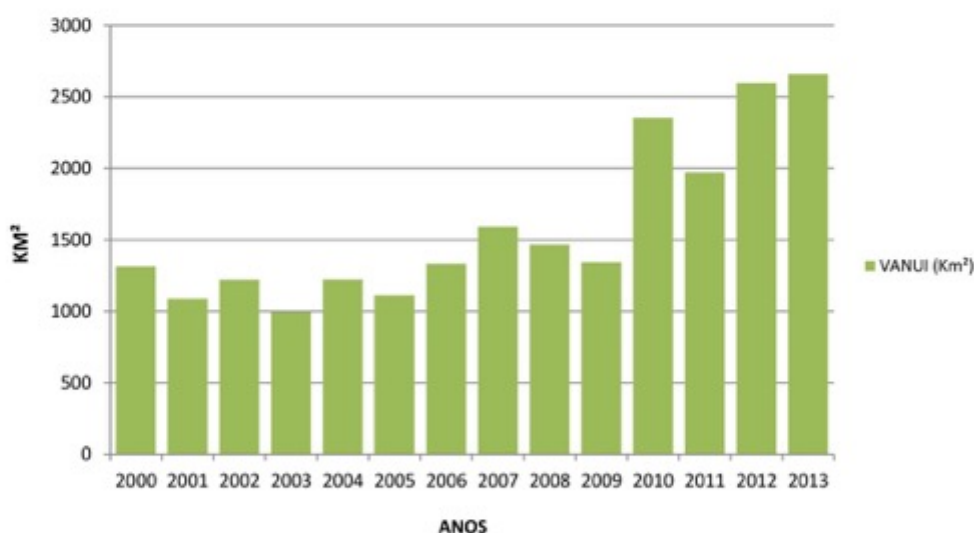


Figura 7 – Série VANUI – Reserva da Biosfera do Cerrado em Km² detalhado em cada ano.

7. Conclusão

Ao término do estudo, podemos observar que é possível a utilização do índice VANUI para analisar a supressão da vegetação em uma área grande de conservação e preservação delimitada. Pelo fato de que a área delimitada a maioria não é urbana, pode ter áreas de produção agrícola,

sendo difícil analisar as áreas que possuem a vegetação nativa com as que possuem outros tipos de vegetação. O índice VANUI é melhor ser utilizado para analisar o crescimento de grandes metrópoles.

Um ponto positivo observado foi que na área dos limites da reserva, onde ocorrem centros urbanos, foi possível identificar um crescimento da mancha urbana. Que ao longo dos 13 anos, a área urbana não passou de 1% da área total da Reserva como mostrado na Tabela II. O crescimento urbano pode ser apontado nos limites na delimitação da área ou em casos isolados, como cidade de Palmas, que já existia antes da criação do conceito de Reserva da Biosfera. Existem técnicas melhores para analisar essa supressão, como utilizar os dados de NDVI separadamente, dando um foco melhor para a vegetação. A Reserva da Biosfera do Cerrado, por ser uma área que é destinada a conservação e a preservação, dentro dela não é possível definir as áreas destinadas a agropecuária, pois ao longo dos anos essa atividade vem crescendo bastante.

8. Bibliografia

- Baptista, G. M. M. (2015). *Geração de Cenários de Crescimento da Mancha Urbana da Área Metropolitana de Brasília por meio da Série Histórica DMSP-OLS de Dados de Luz Noturna*. Monografia (Especialização em Inteligência de Futuro) – Núcleo do Futuro, Universidade de Brasília, Brasília – DF.
- Elvidge, C. D., Imhoff, M. L., Baugh, K. E., Hobson, V. R., Nelson, I., Dietz, J. B. (2000). Nighttime Lights of the World: 1994-95. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 56, Issue 2, Pages 81-99.
- Ganem, R. S. (2010). Gestão integrada da biodiversidade: corredores, mosaicos e reservas da biosfera. In: Ganem, R. S. (org.). *Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas*. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, p. 387 - 414.
- Huete, A.; Justice, C.; van Leeuwen, W. (1999). MODIS vegetation index (MOD13) algorithm theoretical basis document. Versão 3, p. 1-142. Disponível em: http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf [Acedido em 28 de abril de 2016]
- IBGE (2008). Produto Interno Bruto dos Municípios 2004-2008. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2004_2008/default.shtm. [Acedido em 25 de abril de 2016].
- Justice, C. O., Townshend, J. R. G., Vermote, E. F., Masuoka, E., Wolfe, R.E., Saleous, N., Roy, D. P., Morisette, J. T. (2002). An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment* 83: 3–15.
- Kampel, S. A., Câmara, G., Monteiro, A. M. (2001). Sensoriamento Remoto na detecção de atividades humanas na Amazônia – Explorando imagens noturnas DMSP/OLS. *Relatório Técnico*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Disponível em http://www.dpi.inpe.br/geopro/modelagem/relatorio_dmsp_amazonia.pdf [Acedido em 27 de março de 2016].
- Latorre, M. L., Anderson, L. O., Shimabukuro, Y. E., Carvalho Júnior, O. A. (2003). Sensor MODIS: Características Gerais e Aplicações. *Espaço & Geografia*, v. 6, n.1, p. 91-121. Disponível em <http://repositorio.unb.br/handle/10482/11077> [Acedido em 26 de abril de 2016].
- NOAA (2016). Version 4 DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series. Disponível em: <http://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>. [Acedido em 26 de abril de 2016].
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. (1973) Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In *Proceedings of the Third ERTS Symposium*; NASA SP-351; NASA: Washington, DC, USA, p. 309-317.

Silva, E. T. J. B. (2004). *Utilização dos índices de Vegetação do Sensor MODIS para Detecção de Desmatamentos no Cerrado: Investigação de Parâmetros e Estratégias*. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade de Brasília.

UNESCO (2005). MAB Biosphere Reserves Directory. Disponível em <http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?code=BRA+03&mode=all> [Acedido em 20 março de 2016].

UNESCO (2002). Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço. – 2.ed. – Brasília. Disponível em http://unesdoc.unesco.org/ulis/cgi-bin/ulis.pl?catno=131644&set=4ABE772F_3_43&gp=0&lin=1&ll=3 [Acedido em 25 de abril de 2016].

UNESCO (2003). Subsídios ao zoneamento da APA Gama-Cabeça de Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado: Caracterização e conflitos socioambientais. – Brasília, *MAB, Reserva da Biosfera do Cerrado*, 176p. Disponível em <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001303/130301por.pdf> [Acedido em 25 de abril de 2016].

USGS (2016). Vegetation Indices Monthly L3 Global 1 Km. Disponível em: https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mod13a3 [Acedido em 25 de abril de 2016].

Zhang, Q., Seto, K. C. (2011). Mapping urbanization dynamics at regional and global scales using multi-temporal DMSP/OLS nighttime light data. *Remote Sensing of Environment*, 115, p. 2320–2329.

Zhang, Q., Schaaf, C., Seto, K. C. (2013). The Vegetation Adjusted NTL Urban Index: A new approach to reduce saturation and increase variation in nighttime luminosity. *Remote Sensing of Environment* 129, p. 32–41.



A Geografia Física e a gestão de territórios resilientes e sustentáveis

28 a 30 de setembro de 2016

Universidade do Minho
Guimarães – Portugal

Declaração

Declaro, para os devidos efeitos, que o trabalho “*Mapeamento da Reserva da Biosfera do Cerrado, por meio do índice VANUP*”, tendo como autor **Ryan Seiji Takahashi**, da Universidade de Brasília foi aceite para comunicação oral para o IX SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, subordinado ao tema *A Geografia Física e a gestão de territórios resilientes e sustentáveis*, o qual decorrerá de 28 a 30 de setembro de 2016, em Guimarães, Portugal.

Pela Comissão Organizadora

António Abel - Gestor Viena



CEGOT
Centro de Estudos de Geografia
e Ordenamento do Território



Universidade do Minho



Organização:



Universidade do Minho

COMITÉ LATINO-AMERICANO
DE
GEOGRAFIA FÍSICA

Certificado de Participação

Certifica-se que **Ryan Seiji Takahashi** participou no IX Seminário Latino-Americano e V Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, organizado pelo Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território - Universidade do Minho, entre os dias 27 e 30 de Setembro de 2016, no *Campus de Azurém, Guimarães*, da Universidade do Minho, com apresentação de comunicação científica.

A Comissão Organizadora

António Abel - Gisela Vieira

CAPÍTULO 2 – “DETALHAMENTO DA ELABORAÇÃO DO ARTIGO”.

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. ESPECIFICAÇÕES DOS DADOS NTL.....	41
TABELA 2. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SENSOR MODIS.....	42
TABELA 3. ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO MOD13A3.....	43
TABELA 4. ÁREA TOTAL DA MANCHA URBANA EM QUILOMETROS QUADRADOS E A PORCENTAGEM EM RELAÇÃO A ÁREA TOTAL DA RESERVA.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. BIOMAS BRASILEIROS COM A ÊNFASE NO CERRADO.....	34
FIGURA 2. RESERVA DA BIOSFERA: ZONA NÚCLEO, ZONAS DE AMORTECIMENTO E A ZONA DE TRANSIÇÃO. ...	37
FIGURA 3. RESERVA DA BIOSFERA DO CERRADO E O BIOMA CERRADO.....	38
FIGURA 4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DA RESERVA DA BIOSFERA DO CERRADO.....	39
FIGURA 5. SATÉLITE DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM (DMSP).....	42
FIGURA 6. SENSOR MODIS, PRESENTE NOS SATÉLITES AQUA E TERRA.....	43
FIGURA 7. FLUXOGRAMA DOS MÉTODOS APLICADOS.....	46
FIGURA 8. IMAGEM NTL DO ANO DE 2003 DA TERRA.....	46
FIGURA 9. CENAS DO MODIS NA AMÉRICA DO SUL.....	47
FIGURA 10. LEGENDA DO FATIAMENTO COM OS INTERVALOS DE VALORES CORRESPONDENTES A CADA CLASSE, SENDO QUE OS MAIORES VALORES REPRESENTAM MAIOR INTENSIDADE DA LUZ.....	48
FIGURA 11. IMAGENS DO VANUI DA RESERVA DA BIOSFERA DO CERRADO NOS ANOS DE 2000 E 2003.....	49
FIGURA 12. IMAGENS DO VANUI DA RESERVA DA BIOSFERA DO CERRADO NOS ANOS DE 2004 A 2007.....	50
FIGURA 13. IMAGENS DO VANUI DA RESERVA DA BIOSFERA DO CERRADO NOS ANOS DE 2008 A 2011.....	51
FIGURA 14. IMAGENS DO VANUI DA RESERVA DA BIOSFERA DO CERRADO NOS ANOS DE 2012 E 2013.....	52
FIGURA 15. CRESCIMENTO DA MANCHA URBANA COM OS DADOS NORMALIZADO PELO PONTO DE INFLEXÃO NOS ANOS 2000 A 2013 EM QUILOMETROS QUADRADOS.....	54
FIGURA 16. IMAGEM DO VANUI NO ANO DE 2000 COM DESTAQUE NA ÁREA OCUPADA NA REGIÃO DO DISTRITO FEDERAL E ENTORNO.....	56
FIGURA 17. IMAGEM DO VANUI NO ANO DE 2013 COM DESTAQUE NA ÁREA OCUPADA NA REGIÃO DO DISTRITO FEDERAL E ENTORNO.....	57
FIGURA 18. ZOOM DO VANUI COM AS CIRCUNFERÊNCIAS DESTACADAS.....	57
FIGURA 19. MANCHA URBANA VISTA POR SATÉLITE DA CIDADE DE BRASÍLIA.....	59
FIGURA 20. MANCHA URBANA NA CIDADE DE PALMAS – TO E O RIO TOCANTINS.....	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	31
1.1	OBJETIVO GERAL	32
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	32
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	33
2.1	BIOMA CERRADO	33
2.2	RESERVA DA BIOSFERA	35
2.2.1	Reserva da Biosfera do Cerrado	39
2.3	SENSORIAMENTO REMOTO	40
2.3.1	Satélites	41
2.3.1.1	DMSP – OLS	41
2.3.1.2	AQUA e TERRA – SENSOR MODIS.....	42
2.3.2	Índices	44
2.3.2.1	NDVI	44
2.3.2.2	VANUI	45
3	MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1	AQUISIÇÃO DAS IMAGENS.....	46
3.2	PRÉ-PROCESSAMENTO.....	47
3.3	PROCESSAMENTO	47
3.4	AValiação.....	48
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupa uma área de cerca de 2.036.448 km², o que, corresponde a aproximadamente 22% do território nacional. Ainda de acordo com o MMA, o Cerrado é um bioma que ocorre nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal. A região é habitada por aproximadamente 25 milhões de pessoas, ou 15% da população nacional (MMA, 2016).

O problema central da ocupação territorial e econômica do Cerrado é o caráter predatório da agropecuária intensiva predominante, que ameaça a própria existência do bioma. A vegetação ao longo dos anos tem sofrido redução por diversos fatores, tais como: a expansão da agricultura intensiva, pecuária em larga escala, crescimento urbano e o desmatamento ilegal. O processo dessa redução é definido como a supressão vegetal, cujo ato é a retirada da porção de vegetação de um determinado espaço, com objetivos diversos de uso da área anteriormente ocupada pela vegetação nativa. Baseado nesse panorama surgiu a necessidade de se criar uma reserva, o que se deu em 1993 (UNESCO, 2000).

Segundo a lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) 9.985 de julho de 2000, as Unidades de Conservação (UC) são espaços territoriais com características naturais relevantes e limites definidos pelo Poder Público. Essas áreas estão sob um regime especial de administração e fiscalização do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), que prezam pela proteção da natureza em diferentes níveis, desde a preservação, uso sustentável, restauração até a recuperação de ecossistemas degradados. No Brasil, as Reservas da Biosfera foram instituídas pelo capítulo VI da lei 9.985 de 18/07/2000, do SNUC e no total foram criadas sete reservas. As Reservas da Biosfera no Brasil são constituídas por zonas-núcleo, zonas de amortecimento e zonas de transição (GANEM, 2010).

A área de estudo definida foi a Reserva da Biosfera do Cerrado (RBC). A partir do sensoriamento remoto, o estudo em questão constituiu em uma avaliação multitemporal dos dados, que permitiu a verificação de um padrão de crescimento generalizado no que diz respeito à configuração da ocupação dentro dos limites da

reserva, caracterizado pela diminuição de áreas verdes, maior presença de luz artificial e análise do crescimento da mancha urbana dentro da Reserva. Foi aplicado o índice *Vegetation Adjusted NTL Urban Index* (VANUI) a partir da integração dos dados obtidos por meio do *Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP) e do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS).

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi a avaliação multitemporal da Reserva da Biosfera do Cerrado no intervalo dos anos 2000 a 2013, a partir da aplicação do índice VANUI para análise da área afetada pelo crescimento da mancha urbana e, consequentemente, a supressão da vegetação.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Verificação dos fatores que contribuíram e corroboraram para o crescimento da mancha urbana;
- b. Apuração das causas que afetam a biodiversidade local.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BIOMA CERRADO

O bioma Cerrado representa 22% do território nacional e abriga as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul: Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata. A maior parte do bioma Cerrado se distribui em área de clima tropical sazonal de inverno seco - semelhante à savana do continente africano (WWF, 2016; MMA, 2016). O clima é tropical úmido e seco ou de savana Aw (KÖPPEN, 1936), com precipitação na estação chuvosa normalmente inferior a 1.500 milímetros e apenas durante o verão, no período mais seco, a quantidade média de chuvas chega a 30 milímetros, podendo chegar a zero. O período chuvoso ocorre de outubro a março seguido por um período seco, de abril a setembro. Com as temperaturas amenas variando de 22°C e 27°C em média ao longo do ano (KLINK & MACHADO, 2005).

Nas fronteiras do Cerrado com outros biomas, há uma grande riqueza da flora e fauna, resultando em diversas unidades paisagísticas, variedade de formações vegetais e conta com uma alta diversidade biológica. É reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando mais de 10.000 espécies de plantas já catalogadas, sendo 44% endêmicas, o que pode ser considerado com um dos *hotspots* mundiais (DOYLE, 2009). É possível ver o valor do Cerrado Brasileiro, quando Eiten (1972) utiliza o termo “savana”, porém ela não é universal, existem diferentes entendimentos e interpretações englobando os significados ecológicos do Cerrado. As características do solo ligadas à topografia e outros fatores abióticos fazem com que as bacias hidrográficas brasileiras acomodem seu berço exatamente no Planalto Central (PIMENTEL, 2007).

Pimentel (2007) ressalta ainda que, por ser um bioma central, como é possível ver na Figura 1, o Cerrado possui transições com quase todos os biomas como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica, Caatinga e o Pantanal, tornando compreensível a importância de sua manutenção para o equilíbrio dos ecossistemas terrestres brasileiros. A sua influência extrapola a questão ambiental e estende-se aos aspectos socioculturais e econômicos. Com características típicas, este bioma torna-se destaque não só em escala regional como nacional e mesmo continental.

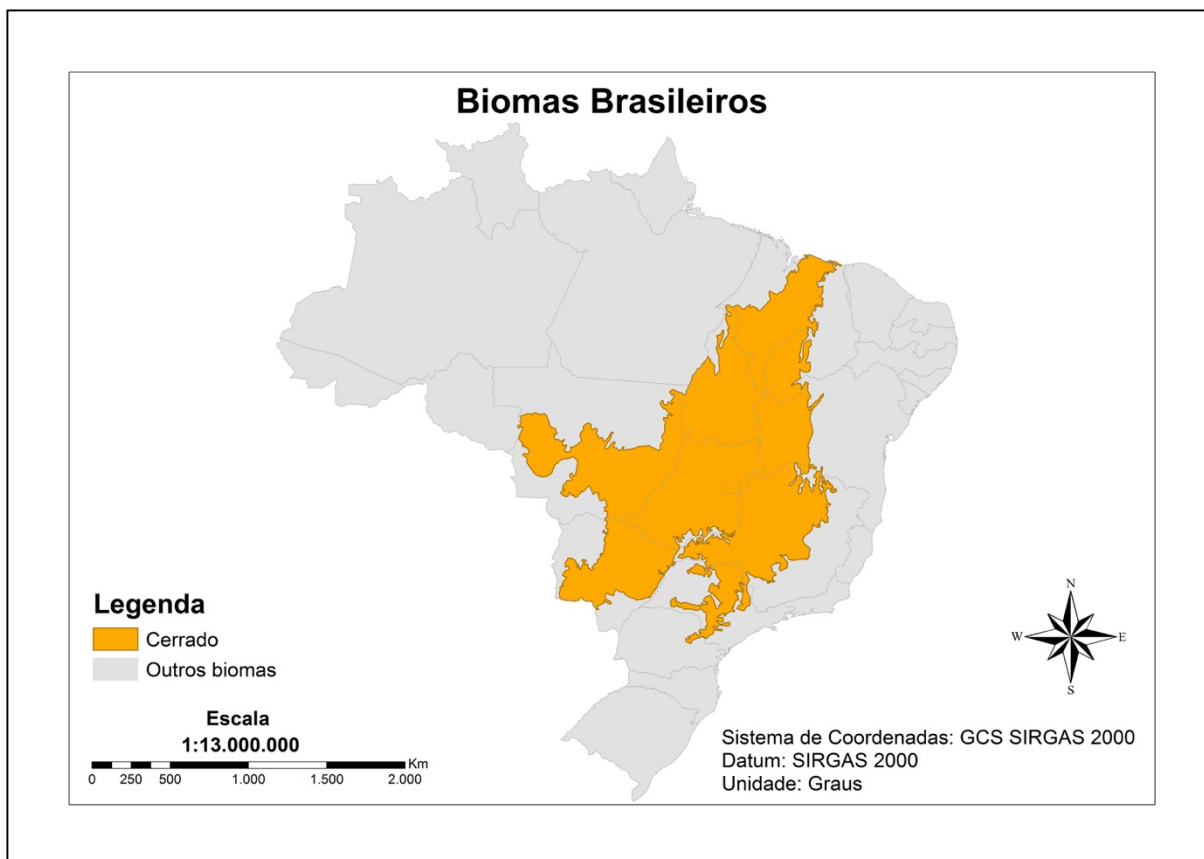


Figura 1. Biomas Brasileiros com a ênfase no Cerrado.
Fonte: Elaborada pelo autor.

A diversidade de fitofisionomias encontrada neste bioma faz com que se tenha a impressão de descontinuidade ou mesmo de degradação do cerrado. De acordo com Ribeiro e Walter (1998), no Cerrado são reconhecidos três grandes grupos de formações, as do tipo florestal (cerradão e mata seca), as “savanicas” (cerrado sentido restrito e cerrado ralo), e as campestres (campo sujo, campo-cerrado e campo limpo). No entanto, a flora do Cerrado possui características peculiares, como caules e galhos retorcidos, raízes profundas, cascas grossas e duras, por fim, as folhas apresentam pêlos em sua superfície (MEDEIROS, 2011). Essas características tornaram o Cerrado altamente resiliente, garantindo a relativa preservação de extensas áreas de Cerrado isoladas em meio a outras unidades de paisagem.

As mudanças de ocupação urbana mais expressivas passaram a ocorrer a partir do início do processo de transferência da capital da República, em 1956. Além do impacto da construção, desencadearam-se alterações na paisagem do Centro-Oeste como a abertura de rodovias, a ampliação da fronteira agrícola e o surgimento de novas cidades. Nessas quatro décadas após o processo de ocupação do Distrito Federal, áreas consideráveis do Cerrado foram transformadas em zonas urbanas,

plantações de soja e pastagens. Com exceção da Mata Atlântica, o Cerrado é o bioma que mais sofreu alterações com a ocupação humana (DOYLE, 2009). Ainda segundo o autor, foi realizado um estudo pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), desenvolvido em 2002 e baseado em imagens de satélites, o qual aponta que aproximadamente 20% das espécies nativas e endêmicas já não ocorrem em áreas protegidas e 137 espécies de animais estão ameaçadas de extinção. O estudo também revela que apenas 61% da área do Cerrado está coberta por remanescentes de vegetação natural do bioma, estando incluídas as pastagens nativas, mas sem avaliação de seu estado de conservação.

O Cerrado é o bioma que possui a menor porcentagem de áreas de proteção integral. Apenas 6,77% do território está legalmente protegido por unidades de conservação, dos quais 2,89% são unidades de conservação de proteção integral e 3,88% de uso sustentável. São poucas as unidades de conservação importantes ou representativas para uma região tão vasta e biodiversidade (DOYLE, 2009).

Doyle (2009) ainda afirma que o fator responsável pela degradação ambiental do bioma tem sido a expansão da fronteira agrícola. Klink e Machado (2005) salientam que somente nos últimos 35 anos, cerca de 50% da cobertura vegetal original do Cerrado foi transformada em pastagem e áreas agrícolas. Além da biodiversidade, é preciso que sejam conservados o modo de vida e a cultura local das comunidades tradicionais, sem esquecer a importância de outros fatores que influenciam diretamente a conservação da biota, como os ciclos naturais do carbono, nitrogênio e fósforo indissociáveis do ambiente equilibrado (PIMENTEL, 2007).

Visto a necessidade de um monitoramento e melhor controle para a conservação dos remanescentes do Bioma, foi implantado em 1993 a Reserva da Biosfera do Cerrado no intuito de conservação do bioma e da recuperação de áreas alteradas e de corredores ecológicos degradados.

2.2 RESERVA DA BIOSFERA

Em 1968, na cidade de Paris, na Conferência da Biosfera promovida pela Organização das nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – UNESCO*) criou um

programa chamado O Homem e a Biosfera (*Man and Biosphere – MaB*). O MaB, foi lançado como um programa internacional de cooperação científica voltada para as interações entre o homem e o meio ambiente. Sua criação teve como objetivo melhorar a difícil relação do homem com o meio ambiente, em um período que a humanidade ainda não dava importância para a necessidade de conciliar conservação e desenvolvimento. O programa consiste em nomear porções representativas de ecossistema com o título de Reservas da Biosfera. Essas porções, então, foram definidas como “áreas de ecossistemas terrestres e/ou marinhos importantes, representativos, reconhecidos internacionalmente, voltadas para conservação da biodiversidade, desenvolvimento sustentável e apoio logístico às áreas protegidas” (UNESCO, 2000).

Para que uma área seja declarada Reserva da Biosfera é necessário ter uma efetiva proteção contra ilegalidades; conter, na sua área núcleo, tanto valores naturais que justifiquem a conservação como características ideais à preservação (Unidades de Conservação); incluir áreas convencionais à pesquisa e à adoção de métodos de manejo sustentável dos recursos naturais; e ser capaz de sustentar todos os níveis de espécies representativas do ecossistema que se quer preservar. As reservas da biosfera são zonas delimitadas no interior/costa dos países, propostas pelos governos e permanecem sob a jurisdição soberana das nações, que tomam as medidas julgadas necessárias, segundo a legislação própria (UNESCO, 1996).

Em 1974, o Programa MaB, definiu o conceito de Reserva da Biosfera. Passados dois anos, as reservas foram oficialmente criadas e foi constituída a Rede Mundial das Reserva da Biosfera. Atualmente, essa Rede é formada por 533 reservas distribuídas por 107 países, cobrindo uma área superior a 250 milhões de hectares (DOYLE, 2009).

A gestão da Reserva deve atender às necessidades básicas da comunidade local, com vistas ao melhor relacionamento entre o homem e o meio ambiente. O Programa MaB definiu uma estrutura de zoneamento para orientar as ações na reserva, o qual foi segmentado com a criação das zonas núcleo, de amortecimento e de transição, como é possível ver na figura 2.

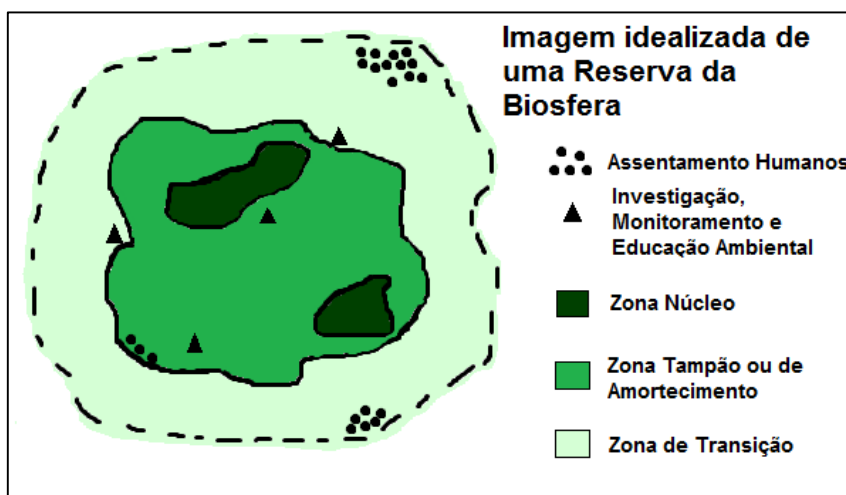


Figura 2. Reserva da Biosfera: Zona núcleo, zonas de amortecimento e a zona de transição.
Fonte: Adaptado de RBMA (2004).

O principal objetivo das zonas núcleo é o de proteger ecossistemas, paisagens e espécies, não sendo permitidas atividades econômicas, produtivas e intensivas, contando com a proteção integral da natureza. Tratam-se das Unidades de Conservação. As zonas de amortecimento situam-se no entorno das zonas-núcleo, servindo como um cinturão protetor, minimizando os impactos sobre a área de núcleo, promovendo a qualidade de vida da população da área. Já as zonas de transição são áreas sem limite fixo, onde são desenvolvidas atividades produtivas, podendo ser áreas rurais e centros urbanos. As zonas de transição são destinadas, prioritariamente, ao monitoramento e à educação ambiental, pois nessas áreas predominam usos e ocupação mais intensivos (urbanização, agricultura e indústrias) (DOYLE, 2009).

As Reservas da Biosfera são parecidas com corredores de biodiversidade, por possuírem escala regional. A partir do Programa Piloto para a proteção das Florestas Neotropicais: Projeto Parques e Reservas, escrito por Ayres et al., (1997), foi definido o conceito de corredores como: áreas que possuem ecossistemas florestais biologicamente prioritários e viáveis para a conservação da biodiversidade, compostos por conjuntos de unidades de conservação, terras indígenas e áreas de interstício.

Neste mesmo estudo, as áreas de Reserva foram concebidas como uma alternativa para servir como forma de disseminação de resultados, ações, desenvolvimento de projetos e conservação, por meio de uma rede de instituições e autoridades que desenvolvem trabalhos na área da sustentabilidade. Estes planos

não são muito reconhecidos, há dificuldade quanto à implantação e atendimento dos objetivos estabelecidos. Um dos motivos é o baixo conhecimento dos projetos no geral por parte da população, do fraco envolvimento da comunidade e por fim dos conflitos institucionais (AYRES et al., 1997).

Em 1974, o Brasil aderiu o Programa MaB, com o objetivo de instalar pelo menos uma reserva em cada um dos seis biomas. Iniciou com a criação da Comissão Brasileira para o Programa MaB – Cobramab, coordenada inicialmente pelo Ministério de Relações Exteriores, e desde 1999, o Ministério do Meio Ambiente assumiu a total responsabilidade. Somente em 1992, 18 anos após a adesão do Brasil ao programa, foi aprovada a primeira Reserva da Biosfera brasileira – Mata Atlântica. Hoje em dia, o Brasil possui sete Reservas da Biosfera, uma em cada bioma, exceto os Pampas, entre outras reservas. São elas: Cinturão Verde de São Paulo (1993), Cerrado (1993), Pantanal (2000), Caatinga (2001), Amazônia Central (2001) e Serra do Espinhaço (2005) (RBMA, 2016).

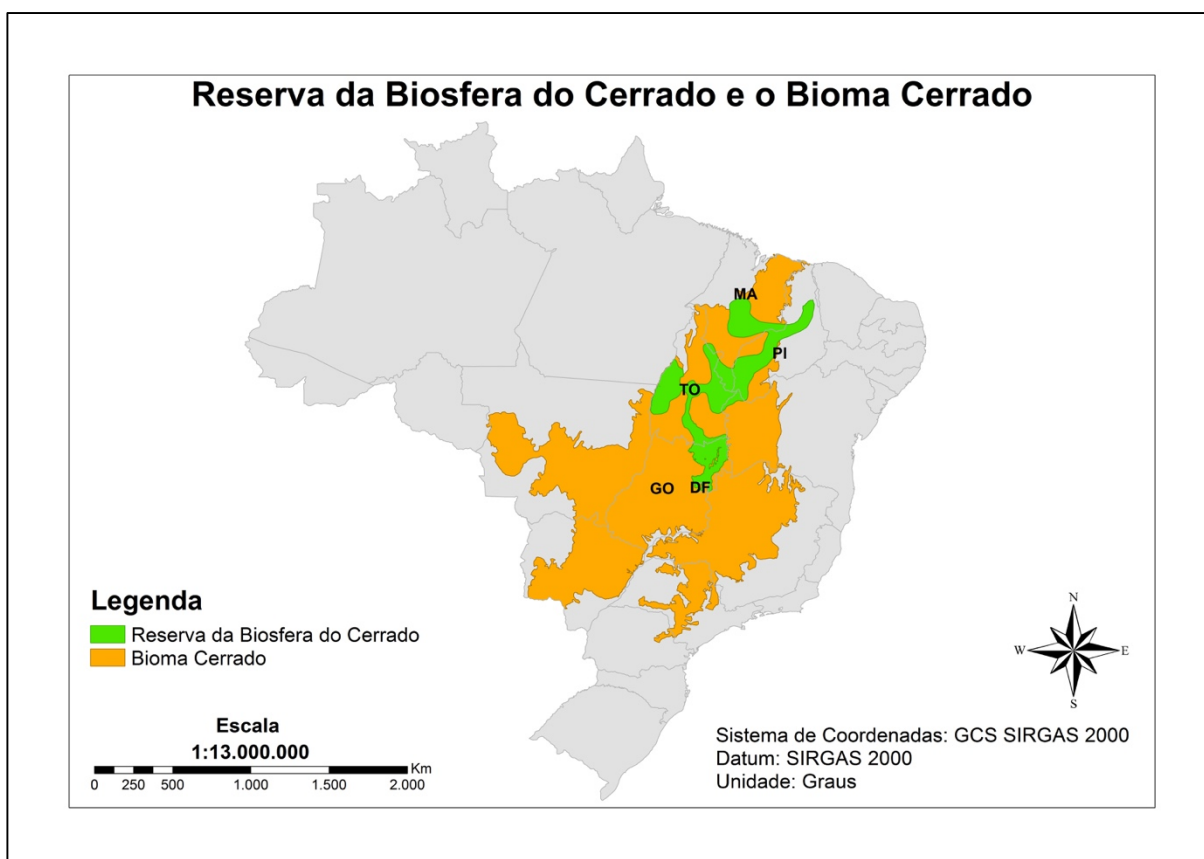


Figura 3. Reserva da Biosfera do Cerrado e o Bioma Cerrado.
Fonte: Elaborada pelo autor.

2.2.1 RESERVA DA BIOSFERA DO CERRADO

A área escolhida para o estudo foi a Reserva da Biosfera do Cerrado, criada em 1993, conta com uma área total de 296.500 km² definida em três fases. A primeira fase da reserva se circunscrevia ao território do Distrito Federal. Em outubro de 2000 foi definida a segunda, atingindo o estado de Goiás. A terceira fase foi instituída em setembro de 2001, estendendo-se ao tamanho final da reserva incluindo os estados do Maranhão, Piauí e Tocantins.

Na Figura 4 é possível ver os estados presente na reserva e suas respectivas capitais. A capital do Tocantins, Palmas, se localiza bem no centro da reserva. Por ser uma cidade planejada, ela está bem ao lado de um dos maiores rios do Brasil, o Rio Tocantins. A área total da cidade é de 2.218,93 km² (IBGE, 2015), com uma população de 272.726 habitantes (IBGE, 2010).

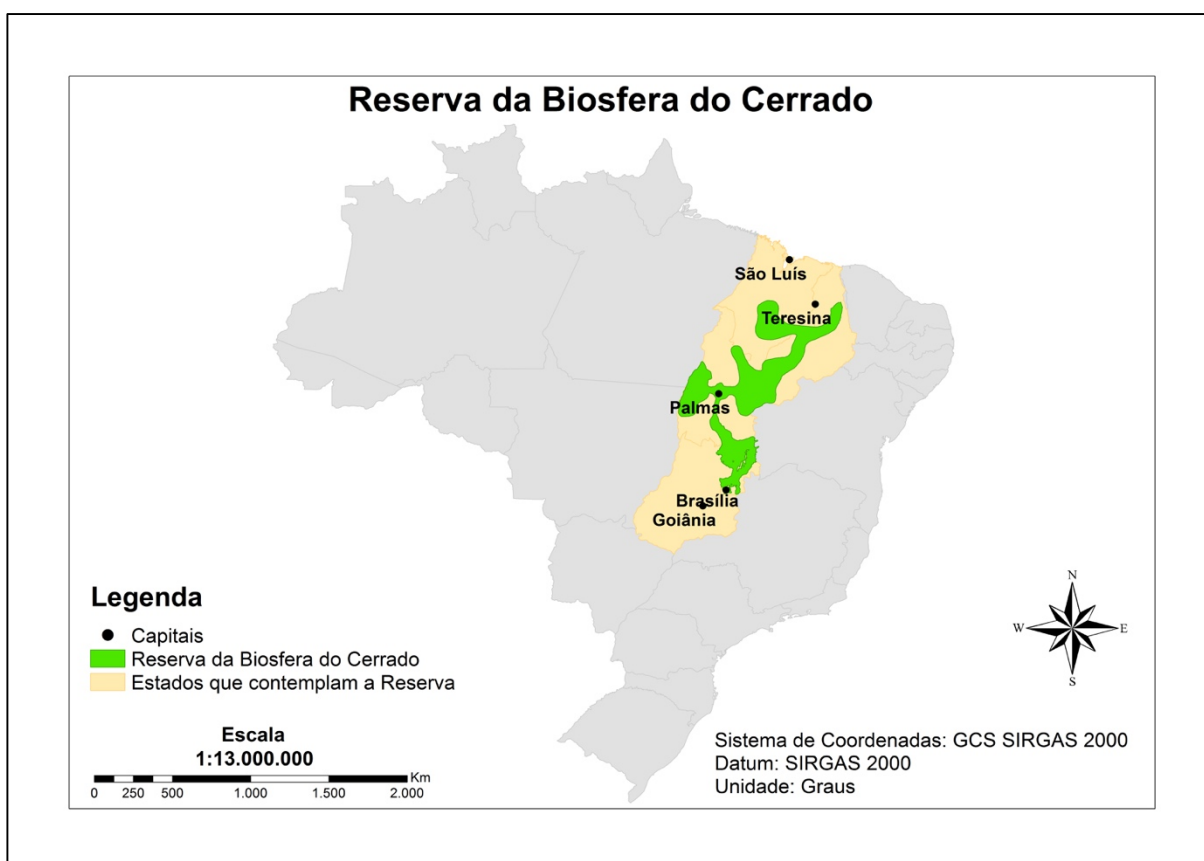


Figura 4. Localização da área da Reserva da Biosfera do Cerrado.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A capital do país, Brasília, não está completamente inserida na área de reserva, mas é possível identificar regiões administrativas no entorno do Plano Piloto

como: São Sebastião, Parque Way e Lago Sul, assim, pequenas áreas da região metropolitana de Brasília estão presentes dentro da Reserva da Biosfera.

2.3 SENSORIAMENTO REMOTO

A definição do termo sensoriamento remoto foi em 1960 a partir dos programas de desenvolvimento espacial, que ficou conhecida como a década da corrida espacial. Nessa época foram desenvolvidos vários foguetes para lançamento de satélites, o que possibilitou colocar em órbita satélites para diversas intenções e monitoramentos. O primeiro satélite para monitoramento meteorológico foi o TIROS-1 (*Television IR Operational Satellite*) lançado em 1960 pelos Estados Unidos, com o objetivo de análises climáticas, cobertura de nuvens e feições da superfície terrestre. Com o avanço da tecnologia os aparelhos, sensores, satélites e o conhecimento, foram melhorados, possibilitando estudos mais detalhados de áreas com cobertura de neve, gelos polares, águas oceânicas e cadeias montanhosas (MENESES et. al., 2012).

De acordo com um estudo do IBGE (2000), o sensoriamento remoto se define como: “a medição ou aquisição de dados sobre um objeto ou cena a distância ou, mais especificamente, obtenção de informações sem entrar em contato direto com a área ou fenômeno sob investigação”. Já Meneses et al. (2012) definem de uma forma mais científica como: “Sensoriamento remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”. A partir das definições é possível entender que o sensoriamento remoto é o processo de aquisição e de análises das imagens, a partir de radiações eletromagnéticas. (IBGE, 1999; MENESES et al., 2012).

De acordo com Meneses et al., (2012) a radiação eletromagnética é possível definir a partir de dois comportamentos: onda e energia. A radiação se propaga no espaço vazio, podendo ser ondas curtas ou longas, como por exemplo a luz solar, ondas de rádio e micro-ondas. A radiação é a energia total e pura em si, o espectro é algo criado por nós para escrever essa energia, ou seja, os raios, as frequências e os diversos intervalos.

2.3.1 SATÉLITES

2.3.1.1 DMSP – OLS

Foram utilizados dados *Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP), que é um programa de satélites meteorológicos do departamento de defesa do governo dos Estados Unidos, atualmente são quatro satélites que fazem o monitoramento, três no período dia/noite e um amanhecer/entardecer. Os satélites estão em órbita quase polar com uma altitude média de 830 km (ELVIDGE et al., 2000). Sua forma de operação é de cobertura global a cada seis horas e cada satélite passa em um ponto até duas vezes na região polar e uma vez na região equatorial. E por fim possui o período orbital de 101 minutos (NOAA, 2016).

O *NightTime Light* (NTL) é um produto do sistema operacional *Operational Linescan System* (OLS), o qual fornece imagens globais noturnas e diurnas em nas faixas do visível e infravermelho termal. Os dados NTL tem como característica a saturação dos focos de luz, principalmente na banda do termal, ampliando a área realmente ocupada pela mancha urbana. Na Tabela 1 é possível ver suas especificações.

Tabela 1. Especificações dos dados NTL.

Fonte: National Oceanic and Atmosphere Administration - NOAA/National Geophysical Data Center – NOAA (2016).

Cobertura Temporal	1992 a 2013
Área	-180° a 180° Longitude e -65° a 75° Latitude
Projeção	Geográfica
Formato do Dado	WGS84 e EGM96
Resolução Espacial	~1km de Pixel

O produto de luz noturna obtido é conhecido como *Average Lights x Pct*, derivado da média dos números digitais das bandas do visível, livre de nuvens, multiplicado pela frequência percentual da detecção de luz. Este produto também detecta incêndios produzidos pelo o homem, como a queima de campos agrícolas, luzes de embarcações de pesca e a queima de gás natural (MELLANDER et al., 2015).



Figura 5. Satélite *Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP).
Fonte: NOAA (2016).

2.3.1.2 AQUA e TERRA – SENSOR MODIS

Foram obtidos dados do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), o qual está presente nos satélites AQUA (EOS PM-1) e TERRA (EOS AM-1), com bandas de resoluções espacial e espectral para uma cobertura global de um a dois dias. A órbita do satélite TERRA é cronometrada de modo que ela passe de norte em direção ao sul pelo equador de manhã, enquanto o satélite AQUA passa de sul à norte sobre o equador à tarde. O MODIS foi projetado para satisfazer os requerimentos de três campos de estudo: atmosfera, oceano e terra (JUSTICE et al., 2002). Na Tabela 2, seguem as especificações técnicas mais detalhadas, referente ao sensor MODIS.

Tabela 2. Especificações técnicas do sensor MODIS.
Fonte: LATORRE et al., (2003).

Órbita	705 km, polar. 10:30 descendente; 13:30 ascendente
Alcance Espectral	0.4 – 14.4 μm
Resolução Espacial	250 m (2 bandas), 500 m (5 bandas), 1 km (29 bandas) em nadir
Cobertura de Repetição	Diária, a norte da latitude 30° e a cada dois dias, para latitudes inferiores a 30°
Quantização	12 bits

O produto MODIS, por meio dos índices de vegetação, gera dados para monitorar a atividade fotossintética da vegetação, podendo detectar tanto mudanças biológicas quanto fisiológicas das plantas (LATORRE et al., 2003). Estes dados são

fornechos mensalmente, com resolução espacial de um quilômetro, estão em grade nível 3 na projeção sinusoidal, já corrigidos atmosféricamente, espacialmente reamostrados, com o produto previamente calculado (HUETE et al., 1997).

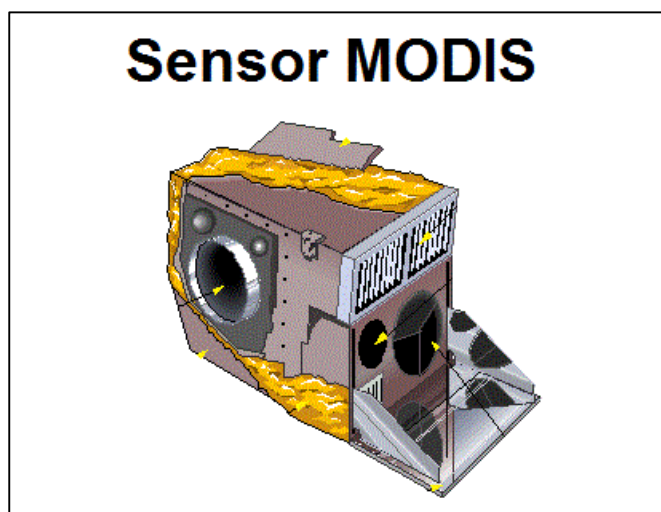


Figura 6. Sensor MODIS, presente nos satélites AQUA e TERRA.
Fonte: Adaptado de NASA (2016).

Por meio do sensor MODIS, foi obtido o produto MOD13A3, o qual contém dois índices de vegetação: o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index – NDVI*) e o Índice de Vegetação Melhorado (*Enhanced Vegetation Index – EVI*). O índice escolhido foi o NDVI, que é sensível a clorofila e possui 1 km de resolução espacial. Na Tabela 3 é possível verificar as especificações do produto MOD13A3.

Tabela 3. Especificações do produto MOD13A3.
Fonte: USGS (2016).

Área	~10x10 lat/long
Tamanho do Arquivo	~0,15 – 20 Mb
Projeção	Sinusoidal
Formato do Dado	HDF-EOS
Dimensão	1200x1200 linhas/colunas
Resolução	1 km

Os índices de vegetação apresentados são os mais utilizados mundialmente para o monitoramento das condições da flora e são usados em produtos que exibem mudanças na cobertura da terra. Esses dados também podem ser usados para

caracterizar as propriedades e processos biofísicos da superfície terrestre e a conversão da cobertura terrestre.

2.3.2 ÍNDICES

2.3.2.1 NDVI

O Índice De Vegetação Por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) é o índice mais utilizado para fazer análises multitemporais e sazonais, avaliando não só a presença de vegetação, como também o vigor da vegetação, isto é, sua capacidade de absorção de energia. Ele varia de -1 a 1 e quanto maior for o seu valor, maior o potencial produtivo da planta, sendo que os valores negativos correspondem a áreas não fotossinteticamente ativas, enquanto que os valores positivos equivalem com a vegetação, que realiza fotossíntese (GANEM & TERRA-OLIVEIRA, 2014).

Foi desenvolvido em 1973 por Rouse et al., (1973) com a utilização das bandas 5 (Vermelho) e 7 (Infravermelho) de dados ERTS-1 (*Landsat 1*) para fazer a análise espacial para agricultura. Com essa nova ferramenta foi possível fornecer informações sobre o crescimento da vegetação nas pastagens, resultando na melhoria das atividades agrícolas. Para o cálculo do NDVI, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{(R_{NIR} - R_{RED})}{(R_{NIR} + R_{RED})} \quad (1)$$

Onde:

R_{NIR} = Banda do infravermelho próximo (*Near Infrared*).

R_{RED} = Banda do vermelho.

Devido à sua simplicidade, facilidade de aplicação e familiaridade generalizada, o índice de vegetação (NDVI) tem uma ampla gama de uso dentro da comunidade de usuários. Algumas das aplicações mais comuns podem incluir modelagem biogeoquímica e hidrológica global, monitoramento da agropecuária, planejamento do uso da terra, caracterização da cobertura da terra e detecção da mudança da cobertura da terra (USGS, 2016).

2.3.2.2 VANUI

O índice *Vegetation Adjusted NTL Urban Index* (VANUI) foi proposto em 2013 por Zhang e colaboradores. A base deste índice é a integração dos dados NTL com os do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), propondo a minimizar a saturação do NTL. Segue abaixo o índice VANUI proposto por Zhang et al., (2003):

$$\text{VANUI} = (1 - \text{NDVI}) * \text{NTL} \quad (2)$$

A proposta da formula é verificar a correlação inversa da vegetação com a superfície urbana. Os valores negativos do NDVI estão associados a locais como água ou solo exposto e os valores positivos a área de vegetação. Ao utilizar o VANUI os valores positivos representam grandes centros urbanos, enquanto as áreas não urbanas, não iluminadas e normalmente com áreas verdes, vão ser definidos por valores próximos de zero. Além disso, é esperado que áreas periurbanas apresentem valores VANUI menores que o núcleo urbano.

Baptista (2015), ao analisar a expansão da mancha urbana da Área Metropolitana de Brasília (AMB), observou que o índice VANUI permitiu a verificação do crescimento das áreas urbanas, o qual pode ser utilizado em grandes centros ao comparar com as áreas de vegetação, possibilitando calcular a área ocupada pela mancha urbana dentro da AMB.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A partir dos estudos feitos sobre o bioma Cerrado, Reserva da Biosfera, satélites/sensores e os índices, foi possível elaborar a metodologia do trabalho. O fluxograma abaixo resume o que será tratado nos itens subsequentes.

O intervalo temporal definido para o desenvolvimento do trabalho justifica-se em função da data da criação da Reserva, que se deu em 2000, e devido ao fato de 2013 ser o ano mais recente com dados de luz noturna disponíveis.

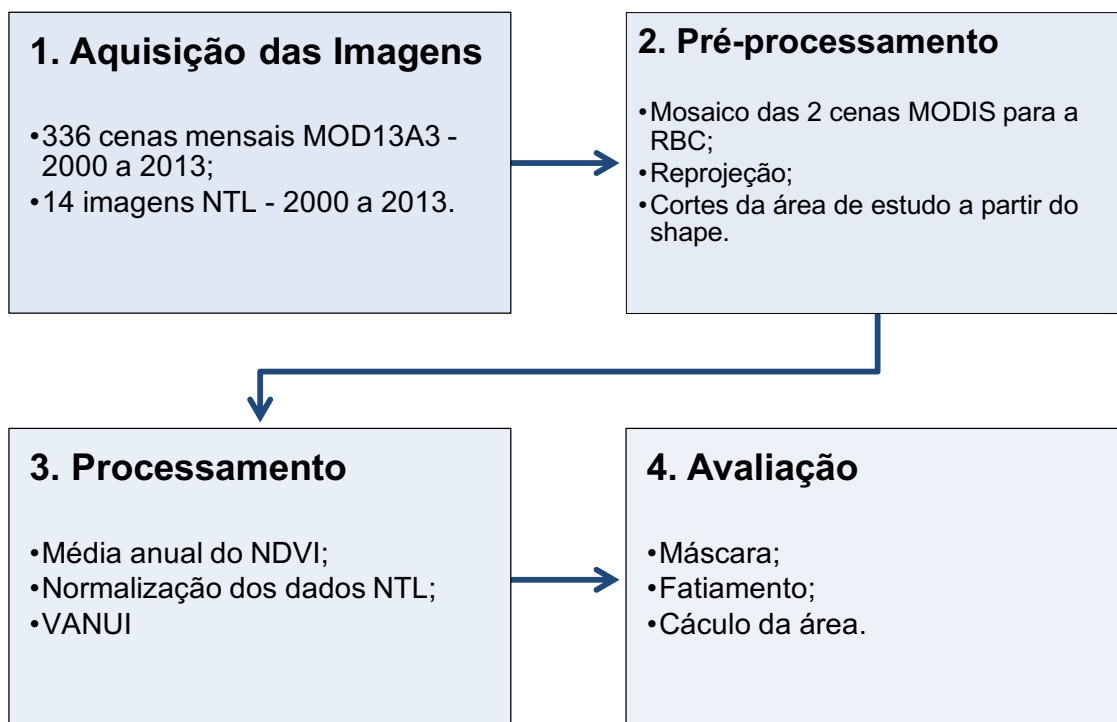


Figura 7. Fluxograma dos métodos aplicados.
Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS

Os dados de luz noturna – NTL vindos do satélite DMSP foram obtidos gratuitamente e anualmente (2000-2013) no site do *National Geophysical Data Center* (NGDC) do *National Oceanic Atmospheric Administration* (NOAA), totalizando 14 imagens noturnas do sensor OLS, livres de nuvens.

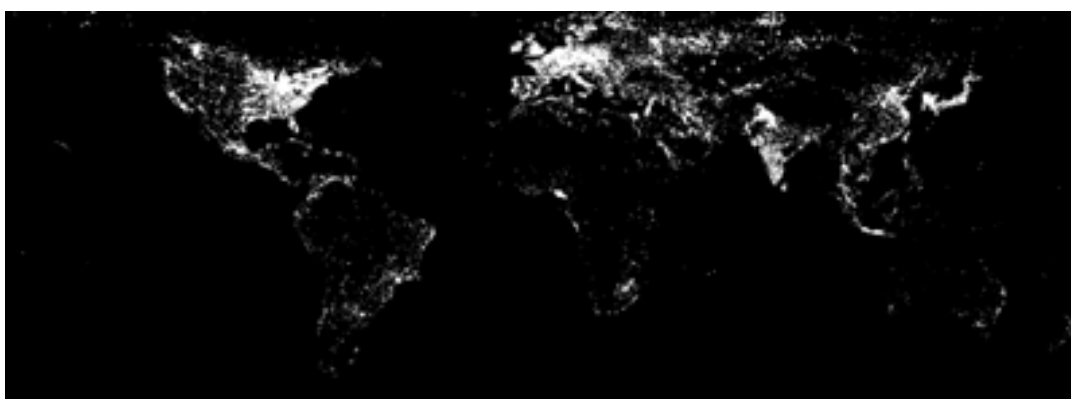


Figura 8. Imagem NTL do ano de 2003 da Terra.
Fonte: NOAA (2016).

No total foram 336 cenas do MOD13A3 derivadas do sensor MODIS, 128 cenas h13v09 e 128 cenas h13v10. Adquiriu-se de forma gratuitamente no site *EarthExplorer* do *United States Geological Survey* (USGS).

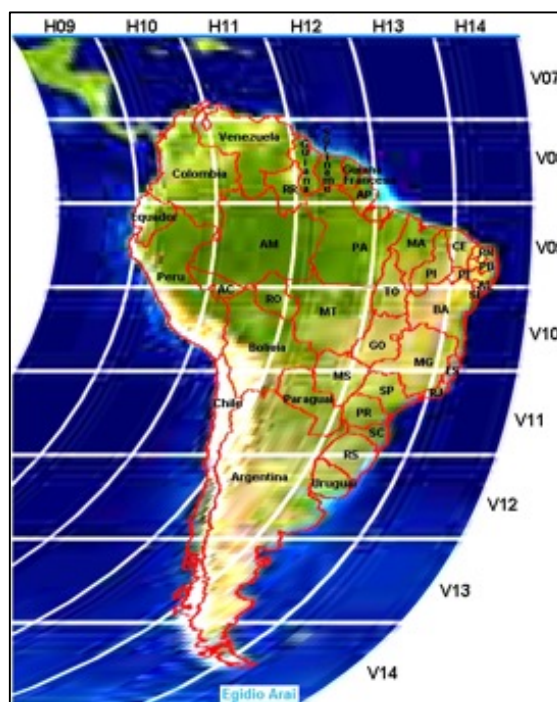


Figura 9. Cenas do MODIS na América do Sul.
Fonte: INPE (2016).

3.2 PRÉ-PROCESSAMENTO

Todo o processamento foi realizado no programa ENVI[®] 5.3. Como a Reserva da Biosfera do Cerrado ficou exatamente no centro de duas cenas do MODIS (possível ver na Figura 9) foi necessário realizar um mosaico (*Mosaicking*) para união dessas duas cenas. Com a ferramenta *Mosaicking* também se realizou a reprojeção dos dados (sinusoidal) para *Geographic Lat/Long* e datum WGS-84. Também foi utilizado o arquivo *shapefile* do contorno da Reserva da Biosfera do Cerrado para melhor delimitação nas cenas do NDVI e do NTL.

3.3 PROCESSAMENTO

Para que a dimensão temporal fosse a mesma, utilizou-se o *BandMath* para adquirir a média anual dos dados MOD13A3 (NDVI), resultando em um total de 14 imagens. Os dados anuais do NTL não estão normalizados e para tal foi realizada a divisão do NTL por 63, dessa forma seria possível sua utilização no VANUI. Posteriormente, as imagens foram redimensionadas de acordo com o *shape* da Reserva da Biosfera do Cerrado. Após os processamentos, os dados foram reduzidos para 14 imagens de média anual do NDVI e 14 imagens do NTL. Com as imagens

redimensionadas e normalizadas, aplicou-se o índice VANUI, descrito na Equação 2, utilizando novamente a ferramenta *BandMath*.

3.4 AVALIAÇÃO

Após determinar o VANUI para cada ano, aplicou-se uma máscara para limitar a análise dos dados nas áreas internas do *shapefile* da Reserva da Biosfera do Cerrado. Para avaliação dos resultados o dado foi submetido ao fatiamento por meio da ferramenta *Density Slice*. Com essa ferramenta é possível determinar intervalos de valores para cada classe diferenciando os alvos.

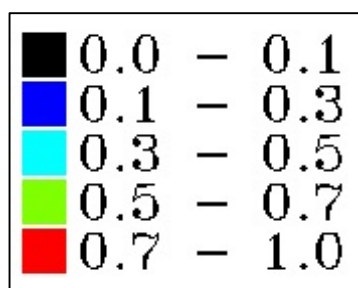


Figura 10. Legenda do fatiamento com os intervalos de valores correspondentes a cada classe, sendo que os maiores valores representam maior intensidade da luz.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 10 cada classe representa um grau de luminosidade, sendo que o intervalo na cor preta, não possui nenhuma luminosidade. Nas cores azul escuro, ciano e verde, são intervalos para cada grau de luminosidade, relacionando com crescimento da mancha urbana obtido pelo índice aplicado, e a cor vermelha equivale a maior intensidade da luz e de mancha urbana.

O último procedimento foi a utilização da ferramenta *Region of Interest (ROI Tool)* para aquisição dos dados de área. Esse instrumento permite quantificar a área total de mancha urbana presente nos resultados do índice.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados do índice VANUI ao longo da série temporal dos anos de 2000 a 2013, permitiu comparar o crescimento da mancha urbana sobre a área de reserva estudada. De acordo com os dados obtidos, é possível determinar que a mancha urbana cresceu ao longo dos anos dentro da Reserva da Biosfera do Cerrado, resultando na diminuição da vegetação nativa.

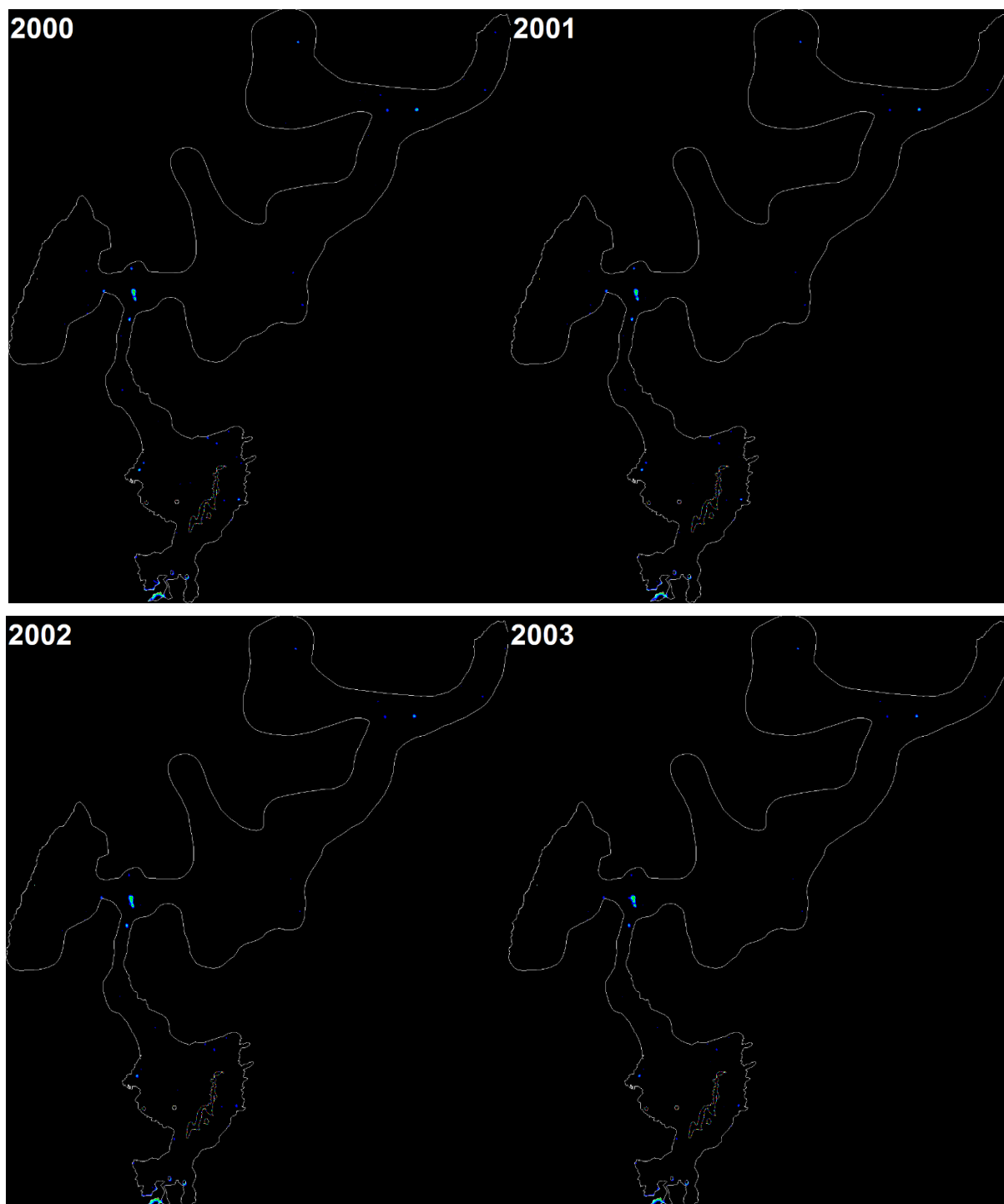


Figura 11. Imagens do VANUI da Reserva da Biosfera do Cerrado nos anos de 2000 e 2003.
Fonte: Elaborada pelo autor.

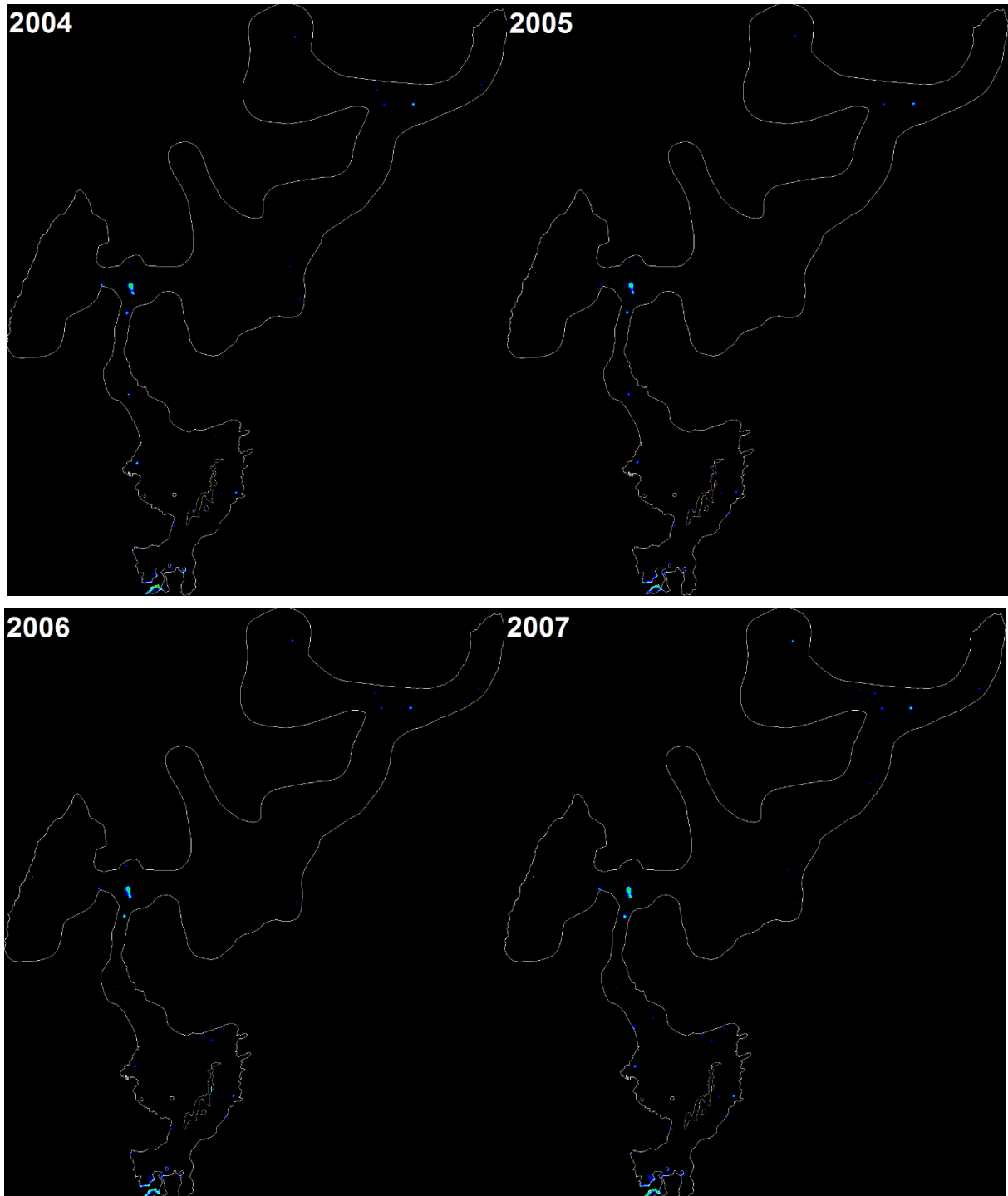


Figura 12. Imagens do VANUI da Reserva da Biosfera do Cerrado nos anos de 2004 a 2007.
Fonte: Elaborada pelo autor.

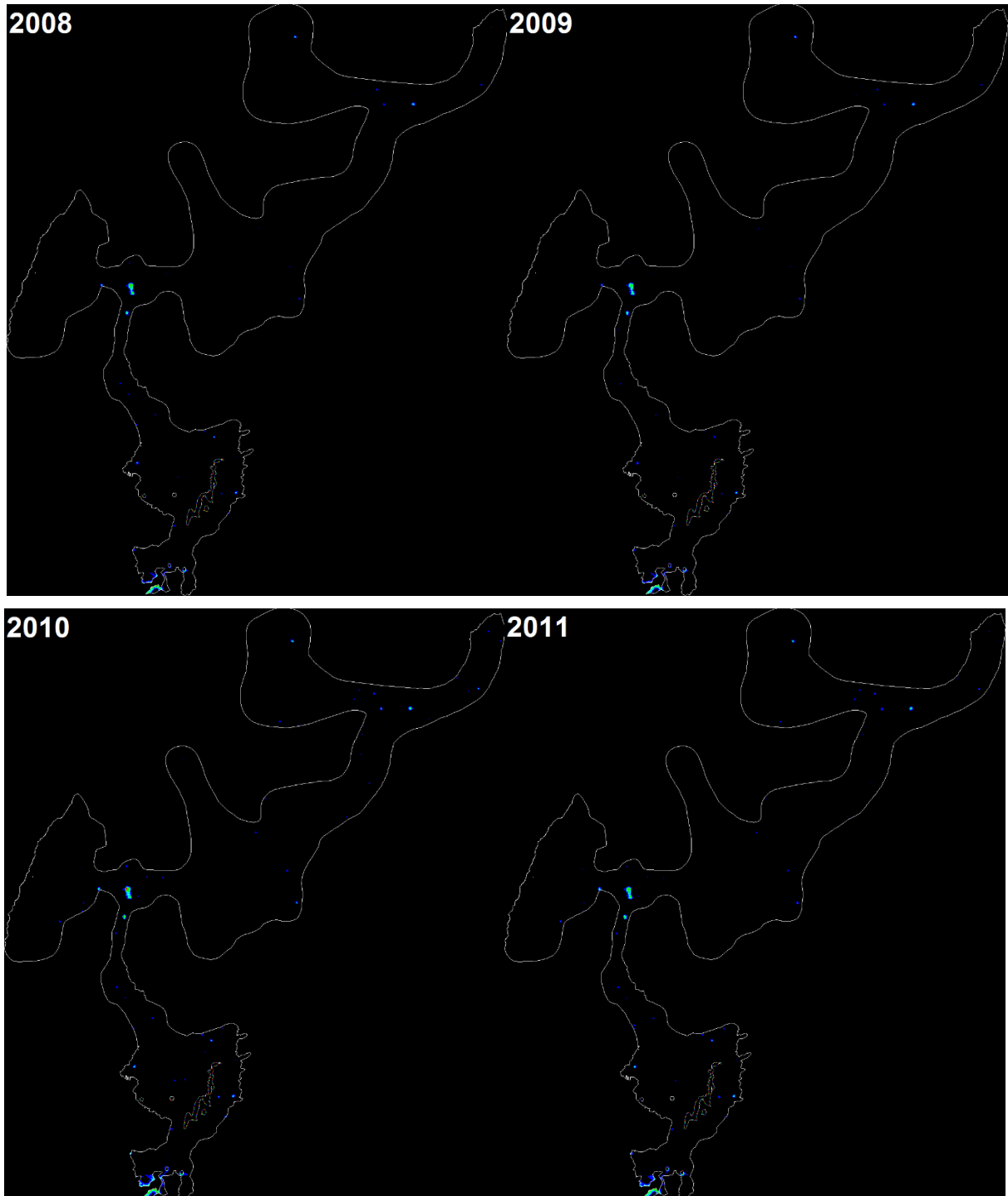


Figura 13. Imagens do VANUI da Reserva da Biosfera do Cerrado nos anos de 2008 a 2011.
Fonte: Elaborada pelo autor.

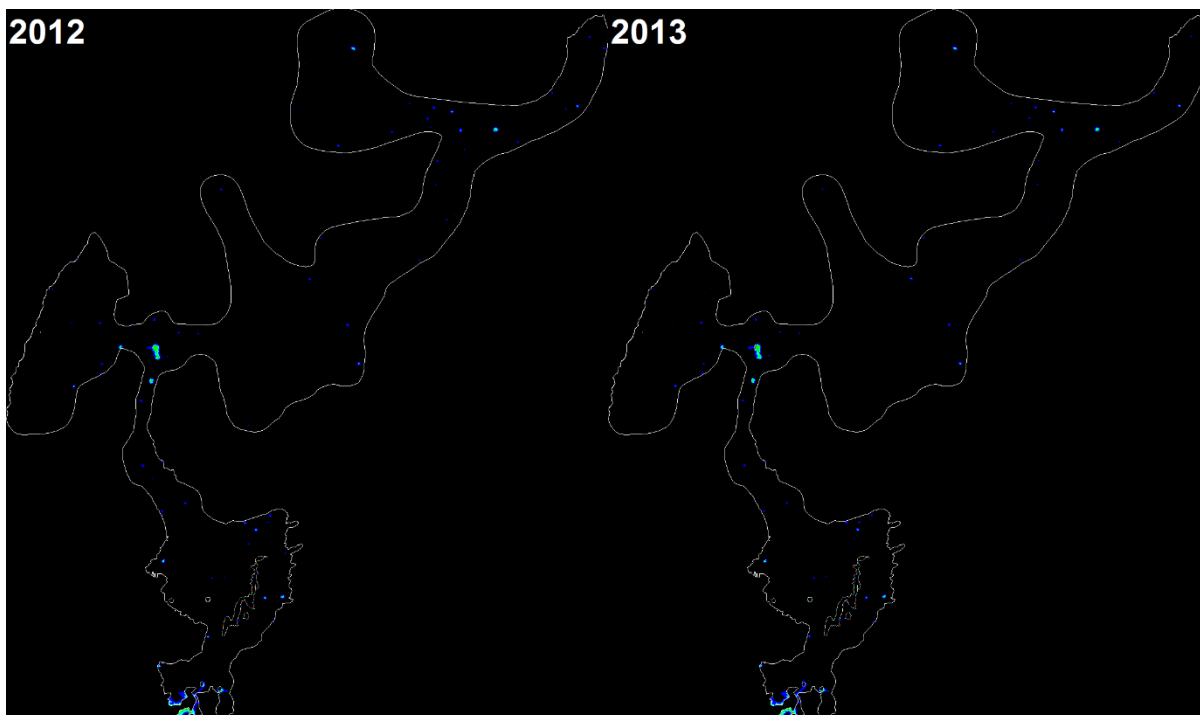


Figura 14. Imagens do VANUI da Reserva da Biosfera do Cerrado nos anos de 2012 e 2013.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Nas Figuras 11, 12, 13 e 14 é possível ver o índice VANUI aplicado na área da Reserva da Biosfera do Cerrado. As maiores diferenças ocorrem entre as Figuras 11 e 14, pois ilustra os anos iniciais e finais da série temporal.

Devido a grande extensão da área estudada, à resolução espacial da imagem MODIS e ao fato de se tratar de uma área de reserva, a observação exclusivamente visual dos dados tornam-se insuficientes para uma avaliação mais precisa.

Assim, para entender melhor essa distribuição e dinâmica dos focos de luz foi realizado o cálculo de área por meio da ferramenta *ROI Tool* para quantificação da área em quilômetros quadrados (km²).

Por fim, foi realizado o cálculo da porcentagem da área de mancha urbana em relação à totalidade da Reserva, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4. Área total da mancha urbana em quilômetros quadrados e a porcentagem em relação a área total da reserva.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ano	VANUI (km ²)	VANUI (%)
2000	1175,67	0,40%
2001	1184,92	0,40%
2002	1234,54	0,42%
2003	1263,97	0,43%
2004	1344,70	0,45%
2005	1424,59	0,48%
2006	1463,28	0,49%
2007	1496,08	0,50%
2008	1596,15	0,54%
2009	1612,97	0,54%
2010	1740,80	0,59%
2011	1839,19	0,62%
2012	1930,86	0,65%
2013	2108,30	0,71%

A partir desses valores, foi possível compreender que a porcentagem da área ocupada em relação à área total da reserva é de 0 a 1%. Um dos motivos desses valores baixos, se deve ao conceito da Reserva da Biosfera. Pois teoricamente como foi abordado neste trabalho, a porção central de cada reserva, se forma a partir da união de várias Unidades de Conservação, não podendo ser ocupada.

No estudo feito por Baptista (2015) foi possível fazer a verificação dos dados a partir do ponto de inflexão da Área Metropolitana de Brasília. O ponto de inflexão é um ponto na curvatura do gráfico conseguindo alterar o comportamento da curva. Foi utilizado esse mecanismo para separar as áreas não urbanas das urbanas, conseguindo fazer a normalização dos valores no gráfico (Figura 15).

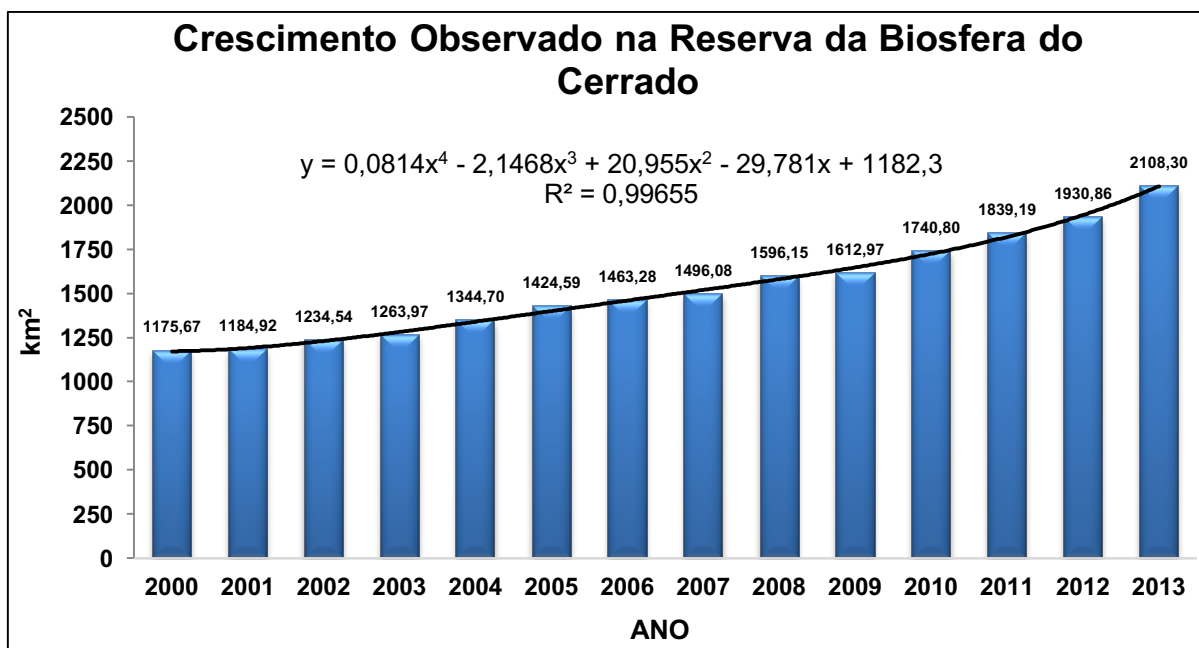


Figura 15. Crescimento da mancha urbana com os dados normalizado pelo ponto de inflexão nos anos 2000 a 2013 em quilômetros quadrados.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na área da Reserva da Biosfera do Cerrado, também foi utilizado a normalização dos dados, observando a relação da mancha urbana com a vegetação presente. Percebe-se um acréscimo de 932,63 km² de mancha urbana dentro da reserva, um aumento de 179,32%.

As variações dos dados podem estar associadas a vários fatores culturais e socioeconômicos. A luz noturna é um fenômeno antropogênico capaz de medir o grau de urbanização. Entretanto, alguns fenômenos urbanos podem ser responsáveis pela intensificação dos focos de luz noturna, tais como incêndios, queimadas em campos agrícolas, queima de gás natural, além do fogo causado voluntariamente (MELLANDER, 2015).

No Cerrado as queimadas são recorrentes, devido ao uso na prática agropecuária. Este ato gera custos mínimos para o preparo inicial do solo. No entanto o fogo pode ter início por fatores naturais, isso ocorre por meio de descargas elétricas, combustão espontânea e atrito entre rochas. A combustão espontânea originada por fatores naturais é uma característica do Cerrado que se difere com os outros biomas (SILVA, 2014).

De acordo com Silva (2004), o aspecto retorcido das árvores e arbustos do Cerrado são consequências da ocorrência do fogo, fazendo com que as gemas de

rebrotam ocorram lateralmente. Nos troncos das árvores é possível verificar uma casca mais espessa e grossa, protegendo contra o fogo. Porém o fogo ele contribui com a germinação das sementes, pois necessitam de um choque térmico para que acabe com o estado de dormência. A rápida elevação de temperatura causa fissura nas sementes, favorecendo o contato com a água, dando início ao processo de germinação.

Porém, as queimadas provocadas pelo homem apresentam consequências drásticas para o bioma, isso porque ocorrem em grandes proporções, intensidade e em qualquer época do ano. Acarretam perda na biodiversidade, prejudicando a fauna e a flora do Cerrado. Hoje em dia, a maioria das queimadas ocorre através de ações do homem. A intensa ocupação e o desenvolvimento da atividade agropecuária no bioma modificaram sua paisagem, causando perdas incalculáveis na biodiversidade do Cerrado. O Cerrado apresenta um rápido poder de recuperação, no período pós rebrota, o fogo atrai diversos animais herbívoros em busca de novas fontes de alimento. Algumas espécies como os Anus, Carcarás e Seriemas, seguem as queimadas, e se alimentam de insetos e répteis atingidos pelo fogo (SILVA, 2004).

No estudo de Marcantonio et al., (2015) é possível verificar que o mínimo impacto de luz noturna artificial pode causar fragmentação de habitat e alterações no cotidiano dos animais e plantas, principalmente em áreas que possuem ecossistemas cercados pela ocupação urbana. A luz noturna é uma ameaça humana para a biodiversidade, muitas vezes descuidada, interfere na ecologia da paisagem, sendo ignorada nos planos de manejo dos habitats e nas políticas de conservação.

A intensidade de luz noturna natural na Terra tem sido estável ao longo dos anos, se destacando na elaboração de processos evolutivos e ecológicos (GASTON et al, 2013). Muitas espécies utilizam o período noturno para exploração do habitat, relações ecológicas interespecíficas, predação, migração, comunicação, ecdise, acasalamento e a reprodução, porém com o aumento da presença de luz noturna artificial, esses comportamentos podem ser afetados, comprometendo os padrões ecológicos (FRANK et al., 2006; MCDONNELL et al., 2009).

Exemplos de tais alterações foram documentados para mariposas e outros invertebrados, répteis, anfíbios, aves e mamíferos. Como consequência, o modo de

vida de muitas espécies noturnas e diurnas, como morcegos, mariposas, tartarugas, aves e vaga-lumes, podem sofrer efeitos negativos (MARCANTONIO et al., 2015). Por exemplo, provou-se que a poluição luminosa em áreas cobertas de vegetação pode potencialmente causar a destruição do comportamento espacial do morcego, o que por sua vez pode reduzir sua sobrevivência e capacidade reprodutiva (EKAMN et al., 1996). Portanto, a luz noturna pode causar efeitos negativos interferindo nas funcionalidades do ecossistema e a conservação da biodiversidade (VAN LANGEVELDE et al., 2011).

Ao se comparar os anos de 2000 e 2013, na cor ciano é possível notar um aumento da mancha urbana dentro da Reserva da Biosfera do Cerrado. As Figuras 16 e 17 destacam a área representativa do entorno de Brasília, onde foi identificado maior crescimento da mancha urbana nos limites da reserva.

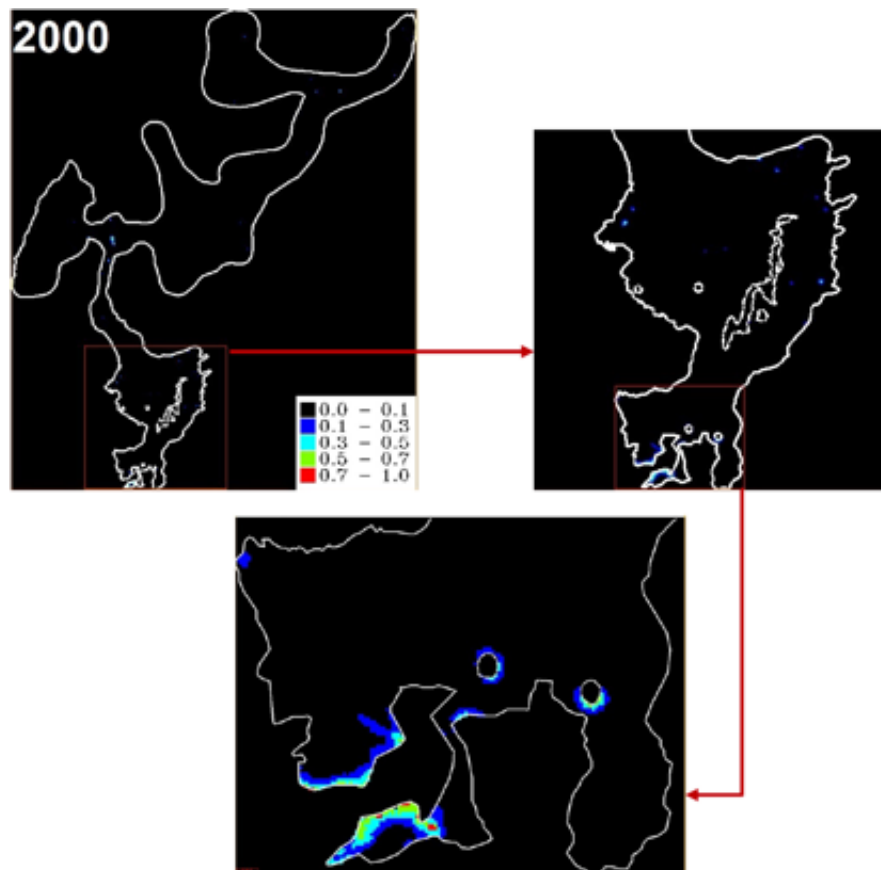


Figura 16. Imagem do VANUI no ano de 2000 com destaque na área ocupada na região do Distrito Federal e entorno.

Fonte: Elaborada pelo autor.

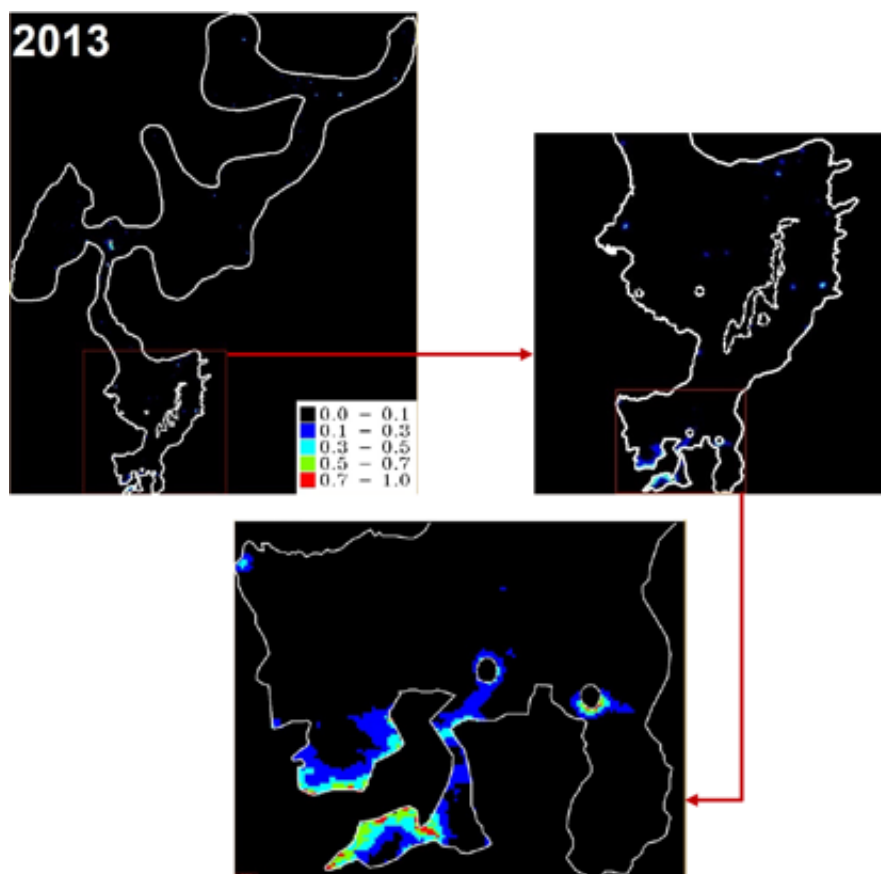


Figura 17. Imagem do VANUI no ano de 2013 com destaque na área ocupada na região do Distrito Federal e entorno.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observando a Figura 18, duas circunferências são notáveis. Essas áreas foram excluídas na criação da Reserva da Biosfera do Cerrado, portanto esses espaços não estão presentes no *shapefile*. Essas áreas representam os municípios de Planaltina/GO e Formosa/GO, no qual é possível observar o crescimento e conectividade urbana entre as cidades que ficam no limite da RBC.

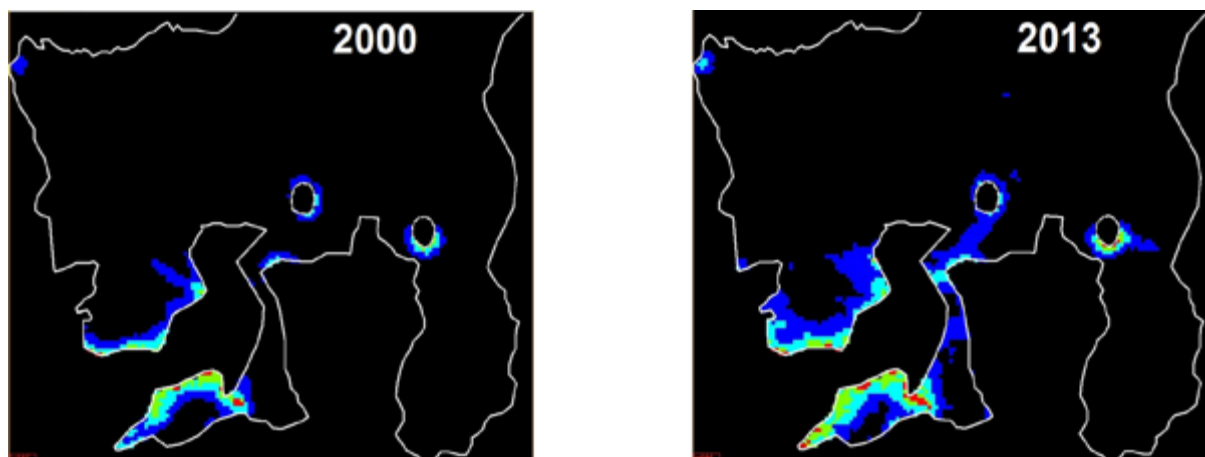


Figura 18. Zoom do VANUI com as circunferências destacadas.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir da observação dos dados ao longo dos anos é possível confirmar que o índice VANUI consegue identificar as áreas de manchas urbanas. Ao analisar somente as áreas urbanas em destaque, não é possível identificar a vegetação intraurbana, pois o dado NTL sofre saturação (BAPTISTA, 2015). Outro fator que interfere é a resolução da imagem, por ser baixa os pixels possuem 1km. Dentro desse pixel é possível encontrar o valor de vários componentes, como vegetação, prédios, asfalto e outros, não sendo possível distinguir cada um, e sim uma mistura de componentes.

Por meio da observação dos resultados constatou-se também que uma das limitações do NTL se dá em função da saturação da luz, a qual é reduzida pelo uso do NDVI na composição do VANUI. De acordo com Bega (2008), outros aspectos podem estar ligados à funcionalidade do sensor. O sistema sensorial do DMSP capta luzes que não correspondem com precisão ao tamanho real do perímetro urbano que seu foco de luz apresenta. Isso procede a partir dos pixels geradores da imagem, que capturam os efeitos que a luminosidade provoca em certas condições físicas e entre aglomerações conurbadas. Para corroborar com essa ideia, Kampel et al. (2001) enfatizam que este efeito é chamado de “expansão de bordas”, o qual se relaciona à variação sofrida pela localização geográfica dos pixels de borda da imagem de uma cena para outra, expandindo o limite real do foco de luz delimitando uma mancha urbana um pouco maior do que a proporção real.

Na Figura 19 é possível verificar em amarelo os limites da Reserva da Biosfera do Cerrado. É possível inferir de acordo com Kampel et al. (2001) que na área da Figura 19, localizada na parte sul da RBC, ocorre o “efeito de contaminação”. Isso representa o fato que existem muitas fontes luminosas próximas uma das outras, eventualmente essas fontes se somam e podem apresentar focos maiores do que se estivessem mais distantes. Normalmente ocorrem em regiões metropolitanas com uma grande concentração de cidades, municípios ou até mesmo cidades satélites, como no caso de Brasília. Conclui-se que esse efeito contribuiu nos valores encontrados dentro da Reserva.

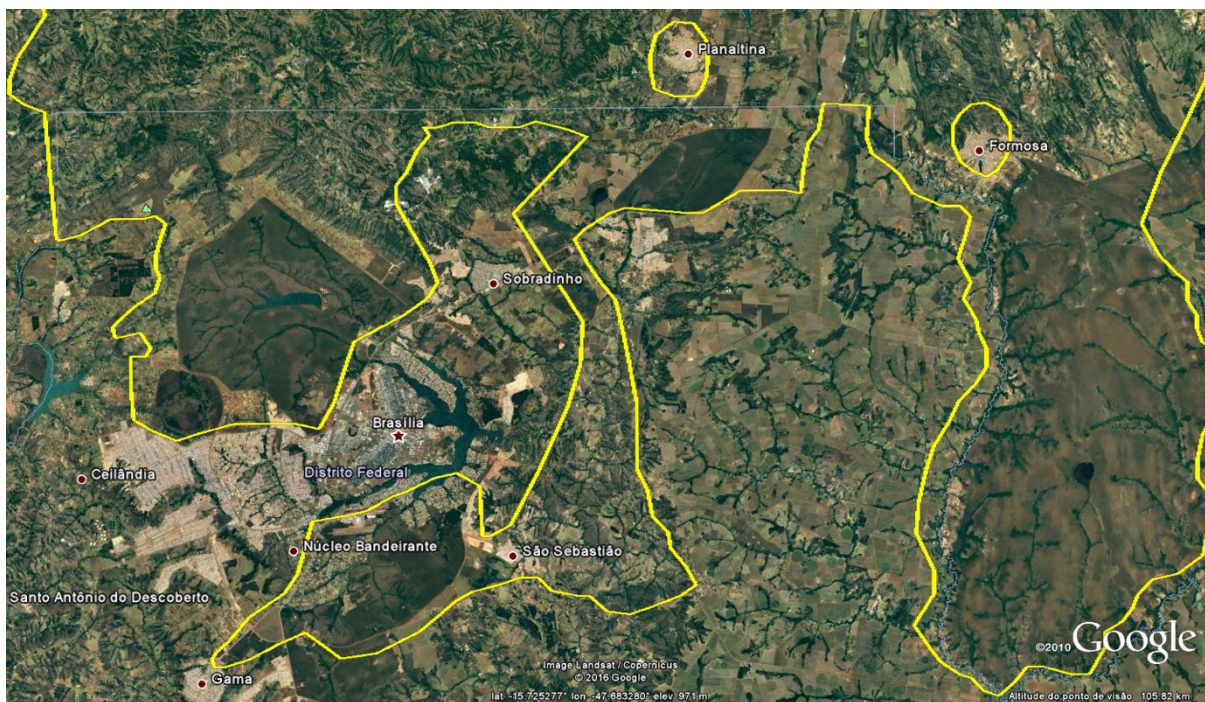


Figura 19. Mancha Urbana vista por satélite da cidade de Brasília.

Fonte: Google Earth (2016).

Por fim, o efeito de “borramento” foi observado na cidade de Palmas, por se localizar na margem de um dos maiores rios do Brasil (Rio Tocantins), como mostra na Figura 20.



Figura 20. Mancha Urbana na cidade de Palmas – TO e o Rio Tocantins.

Fonte: Google Earth (2016).

O efeito de “borramento” acontece especificamente em locais próximos a corpos hídricos, como margens de mares e rios. Ocorre quando focos de luz próximos à margem de rios definem uma fronteira entre as luzes intensas da cidade e a água, que não deveria ter o foco de luz detectado. Nesses casos a imagem DMSP tende a superestimar a área de luz para as fontes emissoras (KAMPEL et al. 2001). Complementando a ideia em relação a cidade de Palmas, um estudo de Ma et al., (2014), foi analisado superfícies impermeáveis. O qual verificou-se que os corpos d’água era uma limitação, cujo o NDVI apresentava-se um valor baixo e enquanto o NTL alto, influenciando no comportamento do VANUI.

Na figura 20 é possível verificar do lado esquerdo da imagem várias áreas agrícolas. Pelo fato do NDVI não conseguir diferenciar área agrícola com área de vegetação nativa, o valor final do VANUI pode ter sofrido essa interferência. Com a grande quantidade de áreas de agricultura no Cerrado, esse pode ser um dos fatores mais prejudiciais para a vegetação dentro da RBC.

Ao término do estudo foi possível observar a eficiência da utilização dos dados de luz noturna do DMSP – OLS para analisar o crescimento da mancha urbana em áreas de reservas ao aplicar o índice VANUI. O crescimento da área ocupada foi de aproximadamente 932,63 km² nos limites da Reserva da Biosfera do Cerrado ao se comparar o intervalo dos anos de 2000 a 2013. Este aumento foi bastante expressivo, representando um total de 179,32%. O índice VANUI foi capaz de identificar e fornecer valores para análise do projeto. Porém os dados de luz noturna, o qual faz parte, possuem uma saturação elevada, influenciando na obtenção de dados mais precisos.

Um dos maiores pontos de crescimento urbano observado nas imagens foi em cidades próximas a corpos hídricos, como é o caso de Palmas – TO. Por ser uma cidade planejada e fundada no ano de 1989, possui características do efeito de “borramento” definido por Kampel et al. (2001), o que pode ter provocado maiores focos de luz. E na região sul da Reserva da Biosfera do Cerrado, se destaca a área metropolitana de Brasília. É possível verificar várias cidades próximas umas das outras, ocorrendo o efeito de “contaminação”. Kampel et al. (2001) conceituou o fato de vários focos de luz estarem próximos, a intensidade aumenta, influenciando nos resultados.

O bioma Cerrado é complexo e possui várias interações ecológicas e evolutivas. Marcantonio et al., (2015) salienta que mesmo com uma mínima presença de luz noturna, pode causar alteração e fragmentação de habitat para a biodiversidade local. Silva (2004) descreve que no Cerrado ocorrem incêndios de forma natural pelos fatores climáticos e típicos da vegetação. É possível que grandes incêndios contribuam nos resultados, porém os pequenos focos já podem ser considerados como ruído, sendo eliminado na hora de estipular os intervalos dos valores.

Para futuros trabalhos, é possível fazer a avaliação da biodiversidade na RBC utilizando outros índices, como o Índice de NTL Ajustado à Vegetação (*Vegetation Adjusted Night-Time Light Index – VANI*). Esse índice é derivado do VANUI, para estudar a dinâmica da vegetação sobre a poluição direta da luz artificial, descrito no trabalho de Marcantonio et al. (2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi fundamentado em estudos realizados ao longo de um ano de pesquisas. Nesse período, foram feitos levantamentos de ideias, questionamentos e propostas de trabalho, no intuito de associar a parte da Biodiversidade com o Sensoriamento Remoto, abrangendo o curso de Ciências Ambientais como um todo. A partir da definição do tema “Mapeamento da Reserva da Biosfera do Cerrado”, foram realizadas coletas de dados, que ao final, resultaram no Trabalho de Conclusão de Curso.

Os principais pontos abordados na área de Biodiversidade foram: Bioma Cerrado, Reserva da Biosfera do Cerrado e as interações ecológicas. No campo de Sensoriamento Remoto, efetuou-se o estudo dos satélites/sensores, índices e propriedades de processamento de imagens. Após a integração desses pontos, foi viável a elaboração da metodologia para obter os resultados.

Com o acúmulo de dados e informações, foi possível a elaboração de trabalhos científicos, resultando em quatro produções baseadas nessa metodologia: um artigo como colaborador, um pôster apresentado, um artigo como co-autor e um como autor principal. Este último foi submetido e apresentado de forma oral no “IX

SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO E V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA” na cidade de Guimarães, Portugal.

O presente estudo demonstrou ser eficaz a utilização de dados de luz noturna (NTL) para analisar o crescimento da mancha urbana em relação à área da Reserva da Biosfera do Cerrado. Os resultados foram eficientes em relação ao tamanho e a complexidade do trabalho. Por tratar de uma área de reserva, cuja área central é composta por Unidades de Conservação, não deveriam ser identificadas tamanhas manchas urbanas distribuídas em seu interior. No entanto, foram encontradas algumas cidades dentro da Reserva da Biosfera do Cerrado, o principal exemplo é a cidade de Palmas. A cidade de Brasília não está presente na RBC, porém, ao se analisar os dados, observa-se que as cidades satélites vizinhas à capital fazem parte desta área, contribuindo com o resultado esperado no trabalho.

Para as próximas pesquisas, aconselha-se a realização desse mesmo procedimento, porém em áreas diferentes, focando em analisar os Biomas como um todo, pois são áreas com grande quantidade de informações, cidades e estados. Sugere-se uma análise mais específica sobre os dados da população, como as direções do crescimento da mancha urbana ao longo dos anos e a verificação do crescimento, observando se está ocorrendo de forma vertical ou horizontal. Uma vez detectado o crescimento horizontal, espera-se que se analise se o crescimento urbano se dá na direção dos limites das Unidades de Conservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, J.M., G.A.B. FONSECA, A.B. RYLANDS, H.L. QUEIROZ, L.P.S. PINTO, D. MASTERSON & R. CAVALCANTI. (1997). Abordagens inovadoras para conservação da biodiversidade no Brasil: os corredores das florestas neotropicais. Volume 1. Aspectos gerais. Volume 2. Amazônia. Volume 3. Mata Atlântica. Verão 2.0. Report for **PPG-7 - Programa Piloto para a Proteção das Florestas Neotropicais: Projeto Parques e Reservas**. MMA, IBAMA, Brasília.
- BAPTISTA, G. M. M. (2016). “Geração de Cenários de Crescimento da Mancha Urbana da Área Metropolitana de Brasília por meio da Serie Histórica DMSP-OLS de Dados de Luz Noturna”. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, N°68/5, p. 911-919, Mai/Jun/2016.
- BEGA, E. F. G. (2008). **“Territorialização das luzes e ordenação do espaço brasileiro: luminosidade, opacidade e centralidade na perspectiva das imagens noturnas do satélite DMSP/OLS”**. Monografia de Bacharelado do Curso de Geografia. Universidade Estadual de Londrina.
- BARKER, J.L.; HARDEN, M.K.; ANUTA, E. A.; SMID, J. E.; HOUGHT, D. (1992). **“MODIS Spectral Sensitivity Study: Requirements and Characterization”**. 84p.
- DOLL, C.N.H. (2008). “Thematic Guide to Night-time Light Remote Sensing and its Applications”, Palisades, NY: **Center for International Earth Science Information Network of Columbia University**.
- DOLL, C.N.H.; J-P MULLER. (1999). “An evaluation of global urban growth via comparison of DCW and DMSP-OLS satellite data”. In: **Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'99)**. Hamburg, Germany 28 June – 2 July. 1134-1136.
- DOYLE, P. M. M. C. (2009). **“Reserva da Biosfera do Cerrado no Distrito Federal”**. Brasília. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal (IBRAM).
- EITEN, G. (1972). The Cerrado Vegetation of Brazil. **BOTANICAL REVIEW**, v. 38(2), p. 201-341, 1972.
- EKMAN, M., DE JONG, J., (1996). **Local patterns of distribution and resource utilization of four bat species (Myotis brandti, Eptesicus nilssoni, Plecotus auritus and Pipis-trellus pipistrellus) in patchy and continuous environments**. J. Zool. 238, 571– 580
- ELVIDGE, C. D.; IMHOFF, M. L.; BAUGH, K. E.; HOBSON, V. R.; NELSON, I.; DIETZ, J. B. (2000). “Nighttime Lights of the World: 1994-95”. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Volume 56, Issue 2, Pages 81-99.
- FRANK, K., (2006). Effects of artificial night lighting on moths. In: RICH, C., LONGCORE, T. (Eds.), **Ecological Consequences of Artificial Night Lighting**. **Ecological Consequences of Artificial Night Lighting**, pp. 305–344.

GANEM, R. S. (2010). “Gestão integrada da biodiversidade: corredores, mosaicos e reservas da biosfera” In: Ganem, R. S. (org.). **Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas**. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, p. 387 - 414.

GANEM, K. A.; TERRA-OLIVEIRA, M. de. (2014). **Análise sazonal da relação entre sequestro florestal de carbono e ilhas de calor urbanas nas metrópoles de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília**. 76 f., il. Monografia (Bacharelado em Ciências Ambientais) —Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

GASTON, K.J., BENNIE, J., DAVIES, T.W., HOPKINS, J. (2013). The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. **Biol. Rev.** 88, 912–927,

HUETE, A.; JUSTICE, C.; VAN LEEUWEN, W. (1999). “**MODIS vegetation index (MOD13) algorithm theoretical basis document**”. Versão 3, p. 1-142.

IBGE (1999). Introdução ao processamento digital de imagens / IBGE. Primeira Divisão de Geociências do Nordeste. - Rio de Janeiro. 92 p. - (**Manuais técnicos em geociências**, ISSN 0103-9598 ; n.9).

IBGE (2010). **Cidades**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/home-cidades>> Acesso em: Set. 2016.

IBGE (2015). **Cidades**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/home-cidades>> Acesso em: Set. 2016.

INPE (2015). Divisão de Sensoriamento Remoto. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/qlmodis/>> Acesso em: Set. 2016.

JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G.; VERMOTE, E. F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R.E.; SALEOUS, N.; ROY, D. P.; MORISETTE, J. T. (2002). “An overview of MODIS Land data processing and product status”. **Remote Sensing of Environment** 83: 3 – 15.

KAMPEL, S. A.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. (2001). “Sensoriamento Remoto na detecção de atividades humanas na Amazônia – Explorando imagens noturnas DMSP/OLS”. **Relatório Técnico. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE**.

KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. (2005). A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade** 1:147-155.

KÖPPEN, W. (1936). **Das geographische System der Klimate**. In **Handbuch der Klimatologie** (W. Köppen & W. Geiger, eds.). Tiel C. G. Bornträger, Berlin.

LATORRE, M. L.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. (2003). Sensor MODIS: Características Gerais e Aplicações. **Espaço & Geografia**, v. 6, n.1, p. 91-121.

MA, Q., HE, C., WU, J., LIU, Z., ZHANG, Q., & SUN, Z. (2014). "Quantifying spatiotemporal patterns of urban impervious surfaces in China: An improved assessment using nighttime light data". **Landscape and Urban Planning**, 130, 36-49.

MARCANTONIO, M.; PAREETH, S.; ROCCHINI, D.; METZ, M. X.; CAROL; GARZON-LOPEZ; NETELER, M. (2015) The integration of Artificial Night-Time Lights in landscape ecology: A remote sensing approach. **Ecological Complexity** 22, 109–120.

MC DONNELL, M., HAHS, A., BREUSTE, J., (2009). Light pollution and the impact of artificial night lighting on insects. In: **Ecology of Cities and Towns Cambridge University Press**, Cambridge, UK, pp. 243–263.

MEDEIROS, J.D. (2011). Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies. **MMA/SBF**, Brasília, DF, Brasil.

MELLANDER, C.; LOBO, J.; STOLARICK K.; MATHESON Z. (2015). **Night-Time Light Data: A Good Proxy Measure for Economic Activity?** PLoS ONE 10(10): e0139779. doi:10.1371/journal.pone.0139779.

MENESES, P. R. Princípios de sensoriamento remoto. In.: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (2012). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB, 2012, p. 01-33.

MMA (2016). **O Bioma Cerrado**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: Set. 2016.

NASA (2016). **MODIS Calibration General Information**. Disponível em: <<http://mcst.gsfc.nasa.gov/calibration/information>> Acesso em: Set. 2016.

NOAA (2016). **Version 4 DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series**. Disponível em: <<https://www.ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>> Acesso em: Set. 2016.

NOAA (2015). **National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS)**. Disponível em: <<https://www.nesdis.noaa.gov/content/currently-flying>> Acesso em: Set. 2015.

PIMENTEL, L. (2007). **"A questão dos Corredores Ecológicos no Distrito Federal: Uma Avaliação das Propostas Existentes"**. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Projeto Urbanístico) – Universidade de Brasília.

RBMA (2004). **Zoneamento**. Disponível em: <<http://www.rbma.org.br/index.asp>>. Acesso em: Abr. 2016.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. (1998). **Fitofisionomias do bioma Cerrado** In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, Embrapa Cerrados. p.87-166.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. (1973) Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In **Proceedings of the Third ERTS Symposium**; NASA SP-351; NASA: Washington, DC, USA, p. 309–317.

SILVA, E. T. J. B. (2004). **Utilização dos índices de Vegetação do Sensor MODIS para Detecção de Desmatamentos no Cerrado: Investigação de Parâmetros e Estratégias**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade de Brasília.

SILVA, M. S. P. DA (2014). “**Análise temporal (1989 a 1999) da ocorrência de incêndios florestais no Distrito Federal utilizando imagens Landsat**”. 2014. 43 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) — Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

TERRA-OLIVEIRA, M.; TAKAHASHI, R. S.; GANEM, K. A.; BAPTISTA, G. M. M. (2016). Mapeamento da Reserva da Biosfera da Caatinga por meio do Índice VANUI. In: **XVII Simposio Internacional SELPER, 2016, Puerto Iguazú. XVII Simposio Internacional SELPER 2016**. Puerto Iguazú: SELPER, 2016. v. 1. p. 243-243.

UNESCO (1996). **Reservas de biosfera: La Estrategia de Sevilla y el Marco Estatutario de la Red Mundial**. Paris.

UNESCO (2000). **Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço**. 57p. Brasília.

UNESCO (2003). **Subsídios ao zoneamento da APA Gama-Cabeça de Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado: Caracterização e conflitos socioambientais**. – Brasília, MAB, Reserva da Biosfera do Cerrado, 176p.

UNESCO (2005). **MAB Biosphere Reserves Directory**.

USGS (2016). **Vegetation Indices Monthly L3 Global 1 Km**. [Acesso em 25 de abril de 2016].

VAN LANGEVELDE, F., ETTEMA, J.A., DONNERS, M., WALLISDEVRIES, M.F., GROENENDIJK, D., (2011). Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. **Biol. Conserv.** 144, 2274–2281.

WWF (2016). **Cerrado, o “Patinho Feio” dos biomas**. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br>>. Acesso em: Set. 2016.

ZHANG, Q.; SETO, K. C. (2011). Mapping urbanization dynamics at regional and global scales using multi-temporal DMSP/OLS nighttime light data. **Remote Sensing of Environment**, 115, p. 2320–2329.

ZHANG, Q.; SCHAAF, C.; SETO, K. C. (2013). The Vegetation Adjusted NTL Urban Index: A new approach to reduce saturation and increase variation in nighttime luminosity. **Remote Sensing of Environment** 129, p. 32-41.